This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

3 3433 06272210 7

2 l, 324 p.

THE NEW YORK PUBLIC LIBRARY
ASTOR, LENOX AND TILDEN FOUNDATIONS.

Mittheilungen

aus den

Königlichen technischen Versuchsanstalten

zu

Berlin.

Herausgegeben

im Auftrage

der Königlichen Aufsichts-Kommission.

NEW YORK PUBLIC LIBRARY

Fünfzehnter Jahrgang:

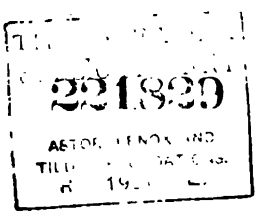
1897.

Mit zwei Tafeln und Abbildungen im Text.

Berlin.
Verlag von Julius Springer
1897.

A.T.

VA



NEW YORK
PUBLIC
LIBRARY

Inhalts-Verzeichniß.

Seite

Bekanntmachung 88

Jahresbericht aus den Königlichen technischen Versuchsanstalten im Etatsjahre 1896/97 265

Betrachtungen über Cementmörtel und Beton. Vom Direktor, Professor A. Martens 89

Untersuchung über den Einfluß des Blauwerdens auf die Festigkeit von Kiefernholz. Vom stellvertretenden Direktor und Vorsteher der Abtheilung für Metallprüfung, Professor M. Rudeloff 1

Einfluß des Prüfungsverfahrens auf das Ergebniß der Biegeproben bei niederen Wärmegraden. Vom stellvertretenden Direktor und Vorsteher der Abtheilung für Metallprüfung, Professor M. Rudeloff 114

Bericht über die Ergebnisse von Voruntersuchungen mit Drähten und Litzen zur Feststellung des Einflusses der Konstruktion auf die Festigkeitseigenschaften von Drahtseilen. Vom stellvertretenden Direktor und Vorsteher der Abtheilung für Metallprüfung, Professor M. Rudeloff 137

Ueber den Einfluß der Versuchslänge auf die Festigkeit von Hanfseilen. Vom stellvertretenden Direktor und Vorsteher der Abtheilung für Metallprüfung, Professor M. Rudeloff 250

Untersuchungen von Kies und Steinschlag zur Beurtheilung ihres Werthes als Stopfmaterial für den Eisenbahnoberbau. Vom stellvertretenden Direktor und Vorsteher der Abtheilung für Metallprüfung, Professor M. Rudeloff 279

Prüfung natürlicher Gesteine. Vom Abtheilungsvorsteher M. Gary 46

Prüfung von künstlichem Asphalt. Vom Abtheilungsvorsteher M. Gary 74

Kleine Mittheilungen. Vom Abtheilungsvorsteher M. Gary.

1. Fehlerhafte Terrazzoplatten 80
2. Mangelhafte Betonmischungen 81
3. Verwendungsmöglichkeit von Scheideschlamm aus der Zuckerfabrikation 84

Cementuntersuchungen aus dem Betriebsjahre 1896/97. Vom Abtheilungsvorsteher M. Gary 209

Kleine Mittheilungen. Vom Abtheilungsvorsteher M. Gary.

Prüfung alter Mörtel 246

Kleine Mittheilungen. Vom Abtheilungsvorsteher W. Herzberg.

1. Durchlässige Stellen im Papier 85
2. Imitirtes Leder aus japanischem Papier 86

Alte Papiere. Vom Abtheilungsvorsteher W. Herzberg 129

Kleine Mittheilungen. Vom Abtheilungsvorsteher W. Herzberg.

1. Stoffprüfung 134
2. Festes Packpapier 135

Normalpapiere. Vom Abtheilungsvorsteher W. Herzberg 234

Normalpapiere. Vom Abtheilungsvorsteher W. Herzberg 322

Zusammensetzung von eisernen Blechen und Röhren, die sich beim Gebrauch nicht bewährt haben. Vom Direktor der Königlichen chemisch-technischen Versuchsanstalt, Professor Dr. Finkener 277

NEW YORK
PUBLIC
LIBRARY

Mittheilungen
aus den
Königlichen technischen Versuchsanstalten
zu Berlin.

Herausgegeben im Auftrage
der Königlichen Aufsichts-Kommission.

THE NEW YORK PUBLIC LIBRARY
ASTOR, LENOX AND TILDEN FOUNDATIONS.

XV. Jahrgang. 1897. Erstes Heft.

1. Untersuchung über den Einfluß des Blauwerdens auf die Festigkeit von Kiefernholz.

Vom stellvertretenden Direktor und Vorsteher der Abtheilung für Metallprüfung, Professor M. Rudeloff.

Gelegentlich der beabsichtigten Verwendung von Kiefernholz aus solchen Stämmen, die nach dem Windbruch im Februar 1894 unter Zutritt von Luft und Feuchtigkeit im Walde gelagert und im Splint eine blaue Färbung angenommen hatten, zu Bohlenwerken war die Frage entstanden, in wie weit blau gewordenes Holz in Bezug auf seine Verwendbarkeit zu Wasserbauten hinter ganz gesundem Holz zurücksteht. Zur Entscheidung dieser Frage ordneten die Herren Minister der öffentlichen Arbeiten und für Landwirthschaft, Domänen und Forsten mit Erlaß vom 4. Juni 1895 vergleichende Festigkeitsuntersuchungen mit blauem und weißem Holz aus demselben Stamm an.

Nach Maßgabe eines von der Versuchsanstalt im Einvernehmen mit der Hauptstation des forstlichen Versuchswesens zu Eberswalde aufgestellten Arbeitsplanes wurde das Material zu diesen Versuchen entnommen:

1. aus Stämmen, die dem Windbruch vom Februar 1894 entstammten, bezw. im März 1895 gefällt waren und bis zur Untersuchung im Walde gelagert hatten;
2. aus Stämmen die für die geplanten Versuche frisch gefällt wurden.

Die Fällung der letzteren und zwar von immer drei Stämmen erfolgte, um gleichzeitig den Einfluß der Fällungszeit auf das Blauwerden und dessen Folgen in die Untersuchung hineinziehen zu können, zu verschiedenen Zeiten: am 12. September 1895, am 18. Dezember 1895, am 30. März 1896 und am 29. Juni 1896.

Sofort nach der Fällung wurden jedem Stamm zur weiteren Probenentnahme vier Scheiben von etwa 250 mm Dicke in den Höhenlagen von 1, 4, 8 und 12 m, gerechnet vom Boden aus, entnommen. Die übrigen Theile der Stämme blieben am Standort im Walde liegen mit der Bestimmung, daß ihnen unmittelbar über den frisch abgetrennten Scheiben nochmals Material entnommen werden sollte, sobald sie im Walde blau geworden waren.

Man hatte erwartet, daß der Herbst 1896 hierzu die geeignete Zeit sei. Bei eingehender Besichtigung der Stämme am 5. September 1896 wurde jedoch weder auf den mehr oder weniger stark mit Harz überzogenen Schnittflächen noch unter der Rinde ein nennenswerthes Blausein wahrgenommen, selbst nicht bei den im September vorigen Jahres gefällten Stämmen. Der Vertreter der Hauptstation des forstlichen Versuchswesens, Herr Forstmeister Professor Dr. Schwappach zu Eberswalde, und der Berichterstatter als Vertreter der

Versuchsanstalt, welche die Besichtigung gemeinsam vornahmen, kamen daher überein, die Lagerung der Stämme im Walde noch weiter, nöthigenfalls bis zum Herbst 1897 auszudehnen und einstweilen von jedem Stamm nur eine Scheibe und zwar diese unterhalb der nach der Fällung in 4 m Höhe abgetrennten Scheibe zu entnehmen. An den hieraus zu gewinnenden Proben sollte festgestellt werden, ob das Holz durch das Lagern im Walde an Festigkeit einbüßt, auch ohne daß es blau geworden war.

Das Aussehen der Stämme auf den hierbei ausgeführten frischen Schnitten ist in Spalte 3 der Tab. 1 beschrieben. Unter Berücksichtigung der Angaben in Spalte 1 und 2 der Tabelle über die Bezeichnung und Fällungstermine der Stämme ergiebt sich, daß, abgesehen von dem blauen Fleck auf der Schnittfläche des Stammes K, nur das im Herbst und Winter 1895 gefällte Holz, welches also nahezu ein Jahr im Walde gelegen hatte, den Anfang des Blauwerdens zeigte.

Tabelle 1. **Protokoll über das Aussehen der Stammschnitte A—M Anfang September 1896.**

Stamm	Gefällt am	Aussehen der frischen Schnitte am 5. 9. 96	Aussehen der frischen Schnitte am 15. 9. 96
A	12. 9. 95	schwacher Anfang von Blauwerden am Rande	theils vollständig dunkelblau, theils fleckig
B		desgl.	fast vollständig blau, $^2/_3$ stark, $^1/_3$ weniger
C		ziemlich blau	schwach blaue Flecke nach dem Kern auslaufend
D	18. 12. 95	ziemlich blau	fast vollständig hellblau
E		auf der im Walde nach unten gelegenen Seite ziemlich blau, sonst weiß	zur Hälfte stark blau, zur Hälfte fast weiß
F		schwacher Anfang von Blauwerden	einzelne kleine hellblaue Flecke
G	30. 3. 96	weiß	zur Hälfte dunkelblau, zur Hälfte mit Flecken
H		weiß	desgl.
J		weiß, auf der im Walde nach unten gelegenen Seite feucht	weiß
K	nicht angegeben	ein blauer Fleck ohne Verbindung mit der Rinde*)	$^1/_4$ stark blau, im Uebrigen fleckig
L		weiß	stellenweise schwach blau, einzelne dunklere Flecke
M		weiß	$^1/_4$ stark blau, im Uebrigen fleckig

*) Um die Entstehung des blauen Fleckes zu ermitteln, wurden zwei weitere Scheiben, b und c, abgetrennt und aufgespalten. Hierbei zeigte sich, daß der Fleck mit einem etwa 30 mm von der Rinde entfernt gelegenen Spalt in Verbindung stand.

Die Scheiben wurden sofort an die Versuchsanstalt abgesandt und gingen am 10. September hier ein. Bei ihrer Besichtigung fand sich, daß das Blauwerden innerhalb der wenigen Tage seit dem Abtrennen wesentlich weiter um sich gegriffen hatte, und am 15. September hatten die Schnittflächen das in der letzten Spalte der Tab. 1 beschriebene und durch die Lichtbilder Fig. 1—12 (abgehobelte frische Schnittflächen) veranschaulichte Aussehen.

Hiernach scheint das Blauwerden durch den freien Zutritt der Luft zu dem bereits infizirten Holz schnell gefördert zu sein. Um hierüber näheren Aufschluß zu erhalten, wurden

Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 4.

Fig. 5.

Fig. 6.

THE NEW YORK PUBLIC LIBRARY

Fig. 7.

Fig. 8.

Fig. 9.

Fig. 10.

Fig. 11.

Fig. 12.

die beiden Scheiben aus den Stämmen A und B in halber Höhe nochmals durchschnitten. Die Lichtbilder Fig. 13 und 14 zeigen die behobelten neuen Schnitte. Sie lassen im Vergleich mit den Angaben in Tab. 1 erkennen, daß der Zustand des Holzes im Innern der Scheibe, wo die Luft keinen Zutritt hatte, gegen den Zustand der am 5. September im Walde ausgeführten frischen Schnittflächen nicht wesentlich verändert ist. Es dürfte daher von Interesse sein noch eingehende Versuche darüber anzustellen, ob und in wieweit der Zutritt der Luft das Blauwerden des Holzes fördert oder beeinflußt. Soweit sich Gelegenheit bietet, sollen die noch in Ausführung begriffenen Untersuchungen mit Holz aus den seiner Zeit frisch gefällten Stämmen hierauf ausgedehnt werden. —

PUBLIC LIBRARY
R, LENOX AND
FOUNDATIONS.

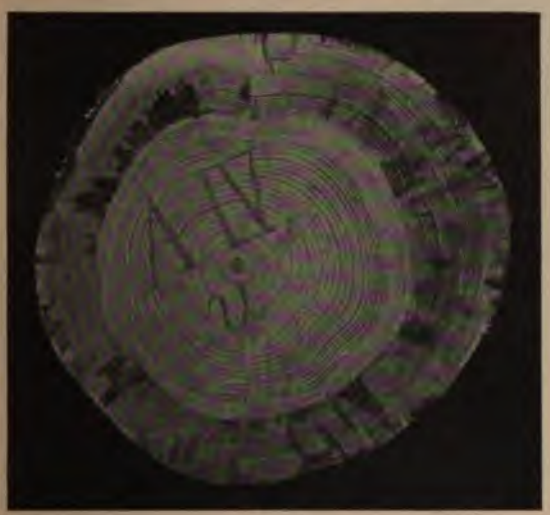


Fig. 13.

Fig. 14.

Die oben unter 1 genannte Versuchsreihe mit alten Stämmen ist abgeschlossen. Ueber die Einzelheiten ist Folgendes zu berichten:

a. Das Versuchsmaterial.

Nach dem Arbeitsplan war beabsichtigt, aus einer größeren Anzahl bei dem Windbruch gefallener Stämme in verschiedenen Höhenlagen Scheiben zu entnehmen, die entweder neben bereits blau gewordenem Holz noch gesundes bezw. weißes Holz enthielten, oder von denen ein Theil blau, der andere weiß war. Aus dem Splintholz dieser Scheiben sollten dann Druckproben derart herausgeschnitten werden, daß für jeden Stamm mindestens 30 Proben aus weißem und 30 Proben aus blauem Splintholz zur Verfügung standen. Von ihnen sollte dann die eine Hälfte im lufttrockenen, die andere Hälfte im wassersatten Zustande geprüft werden.

Nach Angabe der Hauptstation für das forstliche Versuchswesen lagen hierzu u. a. auf der Windwurffläche im Schutzbezirk Breitefenn, Jagen 220, die in dem angefügten Verzeichniß (Tab. 2) aufgeführten Stämme bereit. Ihre Besichtigung zwecks Probenentnahme erfolgte am 12. September 1895. Hierbei zeigte sich, daß das Holz dieser Stämme bereits derart blau geworden und angefault war, daß brauchbare Proben nur noch aus dem Stamm 3 erlangt werden konnten. Ihm wurden in 5, 7 und 8 m Höhe je eine Probescheibe entnommen und mit 3V, 3VII und 3VIII gezeichnet.

Tabelle 2. **Beschaffenheit von 13 Kiefernwindwürfen vom 12. Februar 1894,** Schutzbezirk Breitefenn, Jagen 220, am 1. August 1895.

Stamm Nr.	Lagerort	Ballen, geschätzt nach Zehnteln der Bedeckung der Wurzeln	Krone	Zustand des Holzes	Bemerkungen
1	im Freien	0,4	ohne Krone	trocken, theils blau, Rinde erhalten	—
2	desgl.	0,8	desgl.	blau, Rinde abgeplatzt	—
3	desgl.	0,8	mit Krone	trocken, gesund, ganz wenig blaue Stellen an Larvengängen	Hat 1895 3 cm lange Triebe gemacht. Vorjährige Nadeln noch grün. Vorjähr. Zapfen bis 1,2 cm Länge gewachsen.
4	desgl.	0,8	desgl.	trocken, gesund	Hat 1895 nicht ausgetrieben.
5	im Schatten	0,5	desgl.	desgl.	desgl.
6	im Freien	0,7	mit schlechter Krone	trocken, wenig blau	desgl.
7	desgl.	0,8—0,9	mit Krone	trocken, blau	desgl.
8	desgl.	0,7	desgl.	trocken, meist blau	desgl.
9	desgl.	0,8	ohne Krone	trocken, ziemlich blau	Wenig Insektenanfall.
10	desgl.	0,9	mit Krone	trocken, blau, gerissen	Fast ohne Nadeln.
11	im Schatten	0,8	mit guter Krone	trocken, aber gesund	Hat 1895 nicht ausgetrieben.
12	desgl.	0,8	ohne Krone	trocken, blau	—
13	im Halbschatten an der Paarsteiner Straße	ohne Ballen	mit Krone	wenig blau	Sämmtliche Stämme befallen von Hyl. piniperda, minor und Lamia aedilis.

Zur Ergänzung dieses Materials dienten drei Stämme, gezeichnet 1, 2 und 6, die nach Maßgabe der Tab. 3 am 13. März und 27. März 1895 auf der Windwurffläche im Jagen 220 gefällt waren, seitdem im Walde an ihrem Standort gelegen hatten und mehr oder weniger ausgebreitete blaue Stellen zeigten. Den Stämmen 1 und 6 wurden je vier, dem Stamm 2 sechs Scheiben entnommen. Ueber die Höhenlage dieser Scheiben im Stamm giebt die letzte Spalte des beigefügten Verzeichnisses Tab. 4 Aufschluß.

Tabelle 3. **Beschaffenheit im Jagen 220 auf der Windwurffläche gehauener Vergleichsstämme.**

A. Gefällt am 13. März 1895, vom Stock sofort abgeschnitten.

(I) a) Kiefer ungeschält, ohne Unterlagen, ohne Zopf: Rinde abfallend, Holz sehr wenig blau. Im oberen Theil beflogen von B. laricis, im unteren Theil von H. piniperda und Lamia aedilis. Im Freien liegend.

(II) b) Kiefer wie a, jedoch etwas mehr Insektenfraß.

(III) c) Kiefer geschält, auf Unterlagen, ohne Zopf: gesund, aber mit 2 cm tiefen Längsrissen. Zur Verhütung des Reißens sind Borkenringel stehen gelassen, unter denen das Holz blau ist und Hyl. minor und B. bideus fressen. Im Freien liegend.

B. Gefällt am 27. März 1895, vom Stock abgeschnitten.

(IV.) a) Kiefer ungeschält, ohne Unterlagen, ohne Zopf: Oberseite des Stammes blau, Unterseite gesund. Beflogen von piniperda, minor und Lamia aedilis. — Im Freien liegend.

(V.) b) Kiefer ungeschält, auf Unterlagen, ohne Zopf: wie a.

(VI.) c) Kiefer geschält, auf Unterlagen, ohne Zopf: nur wenig blau, aber stark gerissen. Im Freien liegend.

Tabelle 4. **Verzeichniß der am 12. 9. 95 im Walde ausgewählten Holzproben.**

Stammzeichen	Fällung	Entnommene Abschnitte	
		Anzahl	Höhenlage in m; zugleich Zeichen
3	Windbruch	3	V. VII. VIII.
1	gefällt am 13. 3. 95	4	I. V. IX. XIII.
2	desgl.	6	I. III. VI. VIII. XII. XV.
6	gefällt am 27. 3. 95	4	I. V. IX. XIII.
A	am 12. 9. 95 frisch gefällt	4	I. IV. VIII. XII.
B	desgl.	4	I. IV. VIII. XII.
C	desgl.	4	I. IV. VIII. XII.

PUBLIC LIBRARY
ASTOR, LENOX AND TILDEN FOUNDATIONS.

Zur Unterscheidung wurden die einzelnen Scheiben sofort nach dem Abtrennen, wie oben beim Stamm 3 angegeben ist, mit dem Stammzeichen und einer römischen Ziffer gezeichnet, die zugleich die Höhenlage im Stamm angab. Ferner wurden die im Stamm nach oben gelegenen Schnittflächen mit einem Pfeil versehen. Diese Pfeile hatten bei den Scheiben aus demselben Stamm immer die gleiche Himmelsrichtung in Bezug auf den Stand des Stammes, so daß an ihnen die ursprüngliche Lage der einzelnen Scheiben zu einander erkannt werden konnte.

Um den Zustand des Holzes vor Zerlegung der Scheiben und in Sonderheit die Ausdehnung der blauen Stellen zu veranschaulichen, wurden die Scheiben auf beiden Schnittflächen möglichst sauber behobelt und dann Lichtbilder von den letzteren angefertigt. Die meisten Scheiben waren zuvor noch in der Richtung des Pfeiles bis zum Kern aufgeschnitten, um möglichst zu verhindern, daß sie beim Lagern bis zur weiteren Probenentnahme rissig wurden.

Die erhaltenen Lichtbilder (Fig. 15—48) sind so zusammengestellt, daß immer das Bild von der im Stamm nach oben gelegenen Seite rechts steht.

b. Die Entnahme der Probekörper.

Bei Entnahme der Druckproben aus den Scheiben wurde in Sonderheit darauf Acht gegeben, daß sie nur aus Splintholz bestanden und nicht auch Theile des Kernholzes mit enthielten. Um hierbei möglichst große Würfel zu erlangen, mußten zwei Würfelflächen tangential zu den Jahrringen gestellt werden. Ferner wurde beachtet, daß die Druckflächen senkrecht zur Stammachse, beziehentlich thunlichst senkrecht zu den einzelnen Frühjahrs- und Herbstholzzonen standen.

Um nun eine möglichst große Anzahl von Proben zu erlangen, wurden die ursprünglich etwa 250 mm hohen Scheiben durch einen Schnitt senkrecht zur Achse nochmals in zwei gleich hohe Scheiben zerlegt. Aus ihnen wurden dann die einzelnen Probewürfel, soweit der Zustand des Holzes, insbesondere auch etwa vorhandene Astknoten solches zuließen, übereinstimmend herausgeschnitten derart, daß möglichst immer zwei im Stamm unmittelbar übereinander gelegene Proben erhalten wurden. Im Uebrigen war für die Zerlegung maßgebend, daß möglichst viele Würfel erlangt werden sollten, die nur weißes Holz enthielten.

Die Einzelheiten bezüglich der Lage der Proben in den Scheiben sind aus den Lichtbildern Fig. 15—48 zu ersehen; die eingeschriebenen Zahlen bedeuten die Nummern der Probewürfel.

Die Auswahl der Proben für die beiden Versuchsreihen im lufttrocknen und wassersatten Zustande wurde fast durchgängig so getroffen, daß immer einer der beiden Würfel, welche im Stamm mehr oder weniger vollkommen unmittelbar übereinander gelegen hatten, lufttrocken, der

Fig. 15.

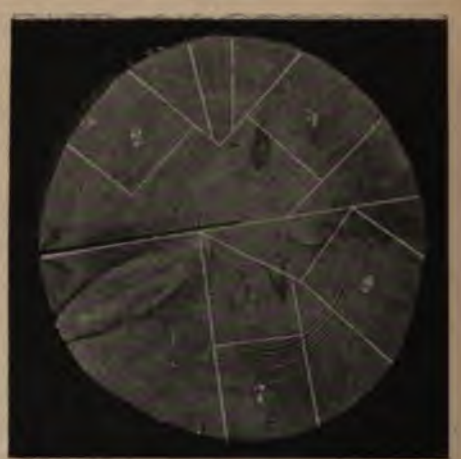


Fig. 16.

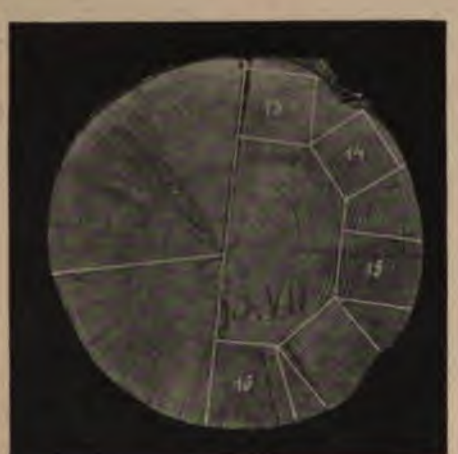


Fig. 17.

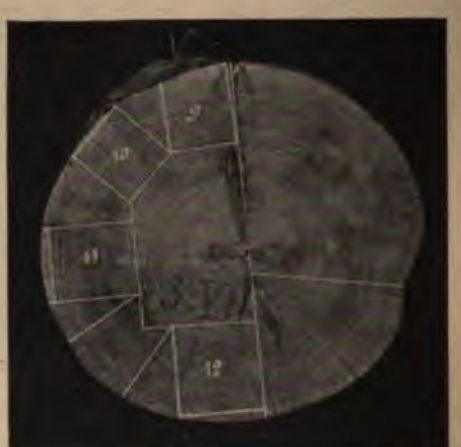


Fig. 18.

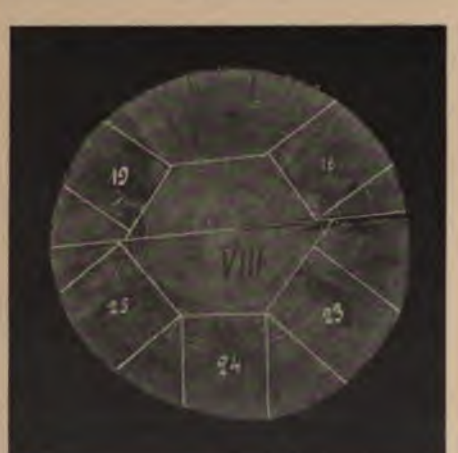


Fig. 19.

Fig. 20.

Fig. 21.

Fig. 22.

THE NEW YORK PUBLIC LIBRARY
ASTOR, LENOX AND TILDEN FOUNDATIONS.

THE NEW YORK PUBLIC LIBRARY
ASTOR, LENOX AND TILDEN FOUNDATIONS.

Fig. 23.

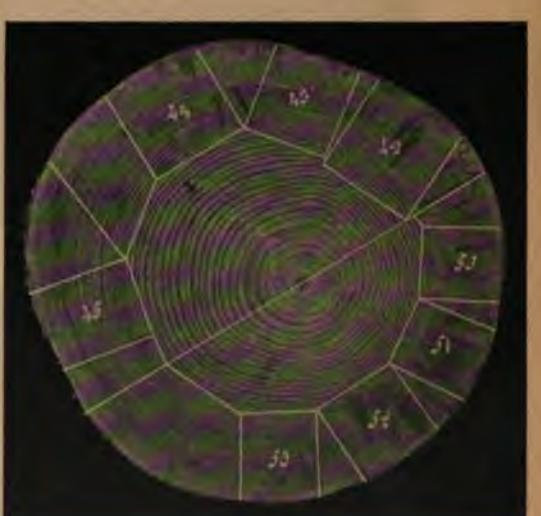


Fig. 24.

Fig. 25.

Fig. 26.

Fig. 27.

Fig. 28.

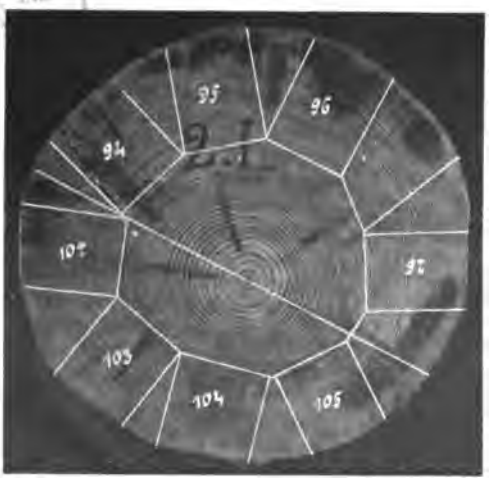


Fig. 29.

Fig. 30.

Fig. 31.

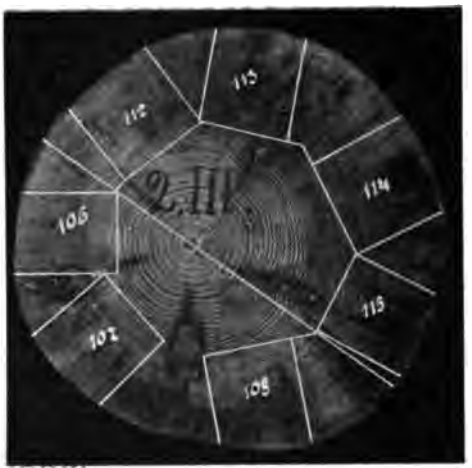


Fig. 32.

YORK
LIBRARY

Fig. 33.

TOR, LENOX
DEN FOUNDAT

Fig. 34.

THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY

Fig. 35.

Fig. 36.

THE NEW YORK PUBLIC LIBRARY

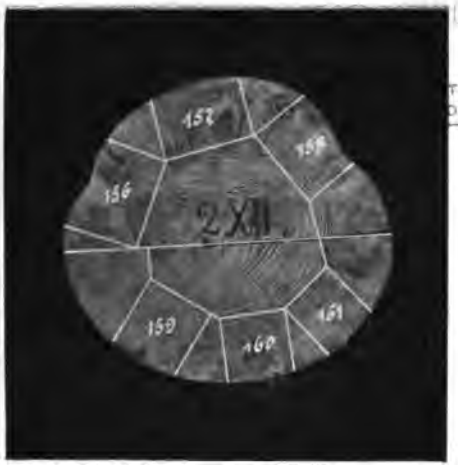


Fig. 37.

Fig. 38.

Fig. 39.

Fig. 40.

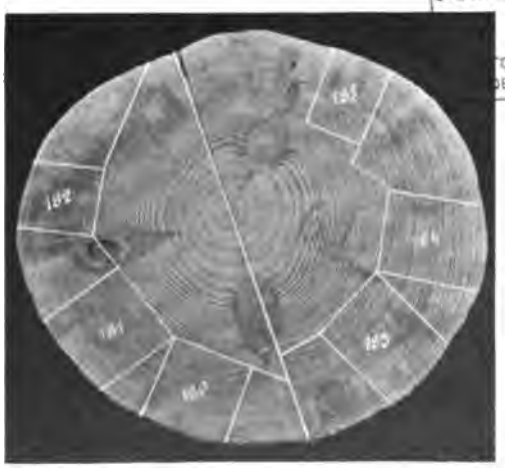


Fig. 41.

Fig. 42.

Fig. 43.

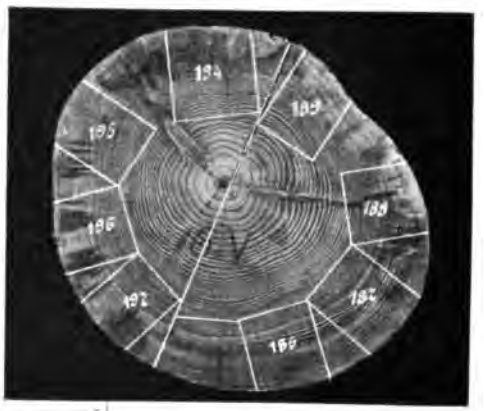


Fig. 44.

PUBLIC LIBRARY
ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS.

Fig. 45.

Fig. 46.

PUBLIC LIBRARY
ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS.

Fig. 47.

Fig. 48.

andere wassersatt geprüft wurde. In der Regel wurde bei der Vertheilung ferner so verfahren, daß immer von zwei auf einander folgenden Würfelpaaren abwechselnd der obere und untere Würfel zu derselben Versuchsreihe kam. Abgewichen wurde von diesem Verfahren nur dann, wenn die beiden Proben desselben Paares sehr verschiedene Größe hatten. In solchen Fällen wurde die Vertheilung so eingerichtet, daß die Proben beider Reihen thunlichst gleiche mittlere Größe erhielten, d. h. es wurde nicht nach der Höhenlage im Stamm, sondern nach der Größe der Würfel gewechselt.

Insgesammt waren aus den vier Stämmen 226 Proben hergerichtet. Nach Ausscheidung von vier ästigen oder sonst mangelhaften Stücken entfielen demnach auf jede Reihe 111 Stück. Von ihnen sind die lufttrockenen sämmtlich geprüft; von der Prüfung im wassersatten Zustande wurden jedoch 49 einstweilen zurückgestellt, weil mit den vorhandenen Vorrichtungen nur 62 Proben auf einmal in das Wasserbad gebracht werden konnten. Eine nachträgliche Prüfung erschien aber mit Rücksicht auf das mit der verringerten Probenanzahl erzielte Ergebniß nicht mehr erforderlich.

Zur Bestimmung des spezifischen Trockengewichtes (s. Tab. 11) wurden die zwischen den Druckproben entfallenen Scheibenreste an die Hauptstation des forstlichen Versuchswesens gesandt. Die Stücke trugen immer die gleiche Nummer wie die benachbarte Druckprobe.

c. Versuchsausführung.

Die Druckversuche wurden auf der 50 t Pohlmeyer-Maschine ausgeführt. Hierbei wurde die Belastung stetig und bei allen Versuchen mit annähernd gleicher Geschwindigkeit gesteigert, und von dem Verlauf der Versuche wurden durch die Maschine selbstthätig Schaulinien verzeichnet, aus denen die jeweiligen Beziehungen zwischen Belastung und Höhenverminderung der Probe zu ersehen sind.

Für alle Proben wurden die Abmessungen, das Lufttrockengewicht sowie die Bruchbelastungen bestimmt und dann aus den beiden erstgenannten Werthen das Raumgewicht r für den lufttrockenen Zustand, sowie aus der Druckfläche und der beobachteten Bruchbelastung die spezifische Druckfestigkeit σ berechnet.

An den im wassersatten Zustande zu prüfenden Stücken wurde außerdem die Quellung nach 1, 3 und 21 Tagen durch wiederholtes Ausmessen mittels Schublehre sowie die Wasseraufnahme nach 1, 3, 6, 10, 14 und 21 Tagen durch wiederholte Gewichtsbestimmungen ermittelt.

Die Ausmessungen erstreckten sich auf die auch im lufttrockenen Zustande ermittelten Kantenlängen. Zu den Gewichtsbestimmungen wurden die Proben mit Fließpapier nur oberflächlich schnell abgetrocknet und dann in eine an der Waage austarirte Schale gestellt, die vor jeder neuen Wägung entleert und wieder ausgetrocknet wurde. Das Wasser, welches während der Wägung aus dem Holz austrat, ist somit in dem Betrag der Wasseraufnahme mit enthalten.

Die Durchtränkung der Proben erfolgte in einem flachen Blechkasten, der nur soweit mit Wasser angefüllt war, daß der Wasserspiegel nach Einbringung der Proben etwas über 1 cm vom Rande entfernt war. Ueber den Kasten waren drei Latten gelegt, die an dem Kasten befestigt und an den Auflagestellen eingekerbt waren, so daß sie in den Kasten hineinreichten. Die Proben wurden mit der einen Hirnfläche nach oben unter die Latten gebracht, so daß sie in Folge des Auftriebes in der ihnen angewiesenen Stellung verharrten. Hierdurch war erreicht, daß alle Proben anfänglich gleich weit, d. h. etwa 1 cm aus dem Wasser heraus-

ragten und die Luft beim Eindringen des Wassers leicht aus dem Holz entweichen konnte. Nach etwa 72 Stunden wurde das Wasser soweit aufgefüllt, daß die Proben ganz unter Wasser lagen.

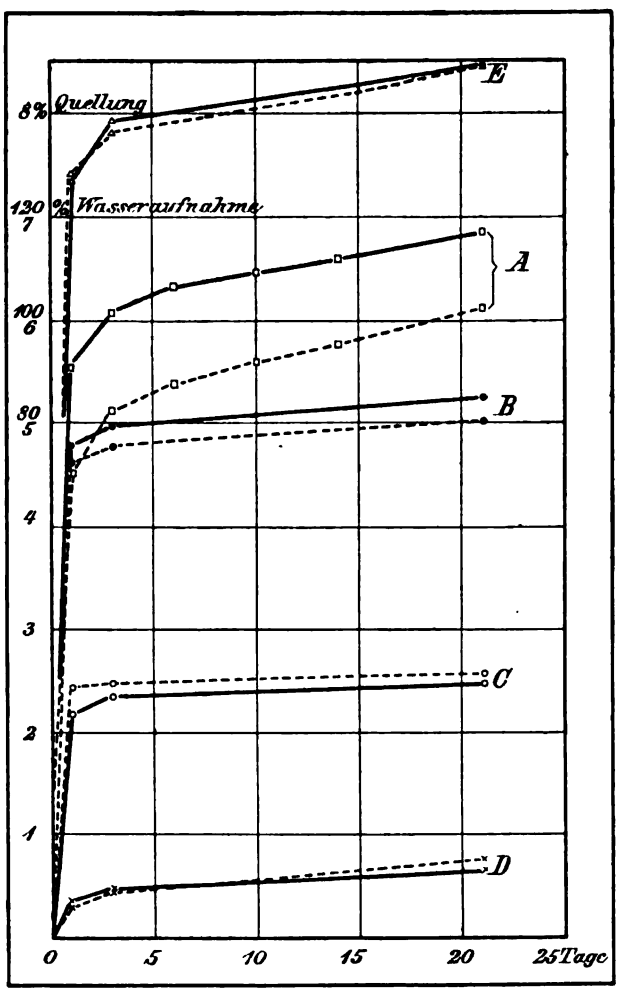
Sämmtliche Beobachtungswerthe sind getrennt für die lufttrockenen und wassersatten Proben in den Tab. 5 und 6 zusammengestellt.

Versuchsergebnisse.

a. Verlauf der Wasseraufnahme.

Die Ergebnisse für die Wasseraufnahme, d. h. für die Gewichtszunahme während 21tägigen Liegens in Wasser, ausgedrückt in Prozenten des Lufttrockengewichtes, sind in Tab. 7 und 8 getrennt für die weißen und blauen Proben als Auszug aus Tab. 6 nochmals zusammengestellt. Hierbei sind zunächst die Einzelwerthe für alle Proben aufgeführt, dann hinter ihnen die Mittel für die Proben aus derselben Scheibe angegeben und schließlich sind aus letzteren die Gesammtmittel für alle Proben bei gleicher Dauer der Tränkung berechnet.

Fig. 49. Verlauf der Wasseraufnahme und der Quellung.
A. Wasseraufnahme. C. Quellung im Spiegel.
B. Quellung in der Wölbfläche. D. Quellung in der Achse.
E. Räumliche Quellung.



Aus dem Verlauf dieser Werthe und der nach ihnen verzeichneten Schaulinien A (Fig. 49) ergiebt sich, daß:

1. die Wasseraufnahme in der Hauptsache zu Anfang der Tränkung stattfindet und dann allmählich langsamer fortschreitet,
2. das blaue Holz für gleiche Tränkungsdauer eine geringere Wasseraufnahmefähigkeit zeigte als das weiße und
3. daß die Proben auch nach 21tägigem Liegen in Wasser noch nicht vollständig wassersatt waren.

Wie man sieht, konvergiren die beiden Schaulinien für das weiße und blaue Holz mit Ueberschreitung von 6 Tage Wasserlagerung. Hiernach nimmt also der Unterschied in der Wasseraufnahme des weißen und blauen Holzes bei längerer Tränkungsdauer ab; da

Tabelle 5. Ergebnisse der Untersuchungen mit lufttrockenen Proben.

Nr. der Probe	Entnommen			Abmessungen					Gewicht		Bruchbelastung		Geprüft bei Luftfeuchtigkeit %
	Stamm Nr.	Scheibe Nr.	Zustand	Kantenlänge a cm	Kantenlänge b cm	Höhe h cm	Druckfläche F qcm	Inhalt Jm ccm	Gesammt G_1 g	Raumgewicht $r = \frac{G_1}{Jm}$	Gesammt P kg	P/F kg/qcm	
1	3	V	weiß	5,92	6,17	6,26	36,5	228,1	124,6	0,55	17970	492,3	57
4			blau	6,25	6,32	6,42	39,5	253,6	134,6	0,53	21420	542,3	64
5			„	5,39	5,42	5,53	29,2	161,5	86,3	0,53	16240	556,2	64
8			„	5,60	5,70	5,83	31,9	186,0	101,7	0,55	16650	521,9	64
9		VII	weiß	4,15	4,04	4,18	16,8	70,2	36,0	0,51	7930	472,0	49
10			blau	4,43	4,40	4,45	19,5	86,8	44,5	0,51	8150	417,9	49
12			„	4,33	4,30	4,47	18,6	83,1	41,6	0,50	9450	508,1	64
15			„	4,54	4,51	4,62	20,5	94,7	49,8	0,53	9490	462,9	59
23		VIII	weiß	6,08	6,16	6,23	37,5	233,6	111,4	0,48	16870	449,9	64
25			schw. blau	5,61	5,71	5,81	32,0	185,9	92,4	0,50	16010	500,3	64
17			blau	4,97	5,05	5,10	25,1	128,0	61,2	0,48	9950	396,4	59
19			„	4,98	5,01	5,13	24,9	127,7	64,7	0,51	11190	449,4	63
24			„	4,71	4,78	4,92	22,5	110,7	53,5	0,48	9060	402,7	49
28	1	I	schw. blau	5,77	5,81	5,93	33,5	198,7	108,8	0,55	16730	499,4	59
34			„	5,81	5,81	6,10	33,8	206,2	117,7	0,57	16090	476,0	62
40			„	6,54	6,67	6,99	43,6	304,8	168,3	0,55	19930	457,1	60
29			blau	5,21	5,36	5,44	27,9	151,8	82,5	0,54	14090	505,0	59
31			„	5,73	5,94	5,99	34,1	204,3	112,1	0,55	18110	531,1	59
37			„	6,50	6,56	6,76	42,6	288,0	160,4	0,56	22540	529,1	58
39			„	5,50	5,61	5,69	30,9	175,8	97,1	0,55	14190	459,2	58
50		V	weiß	5,01	5,02	5,08	25,1	127,5	62,0	0,49	11040	439,8	49
55			„	4,50	4,53	4,64	20,4	94,7	46,5	0,49	9450	463,2	49
42			schw. blau	5,67	5,80	5,92	32,9	194,8	92,0	0,47	15640	475,4	57
43			„	4,87	4,96	5,02	24,1	121,0	57,5	0,48	11180	463,9	49
48			„	5,30	5,27	5,35	27,9	149,3	77,8	0,52	13840	496,1	59
49			„	5,82	5,92	6,03	34,4	207,4	106,5	0,51	16450	478,2	49
53			„	4,84	4,91	4,97	23,8	118,3	57,8	0,49	11290	474,4	59
56			„	5,13	5,36	5,48	27,5	150,7	75,6	0,50	13800	501,8	58
66		IX	weiß	4,41	4,34	4,44	19,1	84,8	41,0	0,48	8250	431,9	49
69			„	4,75	4,82	4,94	22,9	113,1	53,0	0,47	9660	421,8	49
70			„	4,71	4,85	4,98	22,8	113,5	51,5	0,45	9550	418,9	49
62			schw. blau	4,15	4,15	4,19	17,2	72,1	33,5	0,46	7940	461,6	49
59			blau	5,62	5,53	5,67	31,1	176,3	88,0	0,50	15410	495,4	58
61			„	4,82	4,81	4,88	23,2	113,2	52,8	0,47	9360	403,4	59
63			„	4,49	4,50	4,57	20,2	92,3	45,0	0,49	9310	460,9	49
65			„	5,47	5,50	5,53	30,1	166,5	80,0	0,48	12400	412,0	49
79		XIII	weiß	4,00	4,10	4,06	16,4	66,6	31,0	0,47	6820	415,9	61
83			„	4,25	4,19	4,19	17,8	74,6	33,5	0,45	7310	410,7	61
86			„	5,62	5,73	5,70	32,2	183,5	83,5	0,46	14070	437,0	61
74			schw. blau	4,64	4,62	4,69	21,4	100,4	46,5	0,46	8810	411,7	61
76			blau	4,64	4,79	4,90	22,2	108,8	55,0	0,51	9770	440,1	60
81			„	4,66	4,63	4,68	21,6	101,1	49,0	0,48	8900	412,0	59
85			„	4,98	4,92	4,95	24,5	121,3	57,0	0,47	9840	401,6	59
88			„	3,24	3,28	3,35	10,6	35,5	17,0	0,48	4730	446,2	59
94	2	I	weiß	6,05	6,08	6,16	36,8	226,7	127,5	0,56	19730	536,1	59
97			„	5,09	5,04	5,17	25,7	132,9	78,3	0,59	13220	514,4	59
101			„	5,83	6,00	6,15	35,0	215,3	113,1	0,53	18970	542,0	57
92			schw. blau	5,62	5,70	5,80	32,0	185,6	103,5	0,56	15300	478,1	58
98			„	5,00	5,06	5,18	25,3	131,3	82,8	0,63	15210	601,2	57
99			„	5,09	5,09	5,20	25,9	134,7	72,0	0,53	13340	515,1	58
102			blau	4,96	5,05	5,19	25,0	129,8	79,3	0,61	14890	595,6	57
103			„	4,96	5,09	5,23	25,2	131,8	69,0	0,52	14010	556,0	58

Nr. der Probe	Entnommen			Abmessungen					Gewicht		Bruchbelastung		Geprüft bei Luftfeuchtigkeit %
	Stamm Nr.	Scheibe Nr.	Zustand	Kantenlänge a cm	Kantenlänge b cm	Höhe h cm	Druckfläche F qcm	Inhalt Jm ccm	Gesammt G_1 g	Raumgewicht $r=\frac{G_1}{Jm}$	Gesammt P kg	P/F kg/qcm	
112	2	III	schw. blau	5,25	5,31	5,44	27,9	151,8	82,2	0,54	13840	496,1	59
113			„	5,27	5,19	5,30	27,3	144,7	76,5	0,53	14250	522,0	58
114			„	6,08	6,16	6,24	37,5	234,0	128,2	0,55	16780	447,5	59
117			„	5,79	5,72	5,84	33,1	193,3	104,9	0,54	14980	452,6	51
108			blau	5,39	5,37	5,57	28,9	161,0	93,6	0,58	16750	579,6	59
118			„	6,15	6,35	6,44	39,1	251,8	131,2	0,52	20030	512,3	59
119			„	4,59	4,52	4,57	20,7	94,6	50,5	0,53	10720	517,9	51
130		VI	schw. blau	4,54	4,52	4,64	20,5	95,1	51,5	0,54	10720	522,9	58
131			„	5,46	5,50	5,66	30,0	169,8	83,8	0,49	14690	489,7	51
132			„	5,18	5,24	5,37	27,1	145,5	82,0	0,56	12780	471,6	51
120			blau	4,89	4,89	4,95	23,9	118,3	62,3	0,53	11160	466,9	51
122			„	4,59	4,64	4,73	21,3	100,7	54,4	0,54	10060	472,3	50
124			„	5,04	5,06	5,16	25,5	131,6	67,5	0,51	12120	475,3	58
126			„	6,13	6,13	6,17	37,6	232,0	121,2	0,52	19360	514,9	50
134		VIII	schw. blau	4,16	4,27	4,40	17,7	77,9	40,5	0,52	8690	491,0	58
136			„	4,41	4,40	4,50	19,4	87,3	40,0	0,46	8370	431,4	58
147			„	4,98	5,09	4,98	25,4	126,5	73,5	0,58	11680	459,8	58
135			blau	4,35	4,27	4,30	18,6	80,0	38,0	0,48	7510	403,8	58
138			„	4,58	4,49	4,68	20,6	96,4	44,5	0,46	9550	463,6	58
140			„	4,72	4,70	4,86	22,2	107,9	50,5	0,47	10070	453,6	58
142			„	5,67	6,20	5,88	35,2	207,0	113,0	0,55	15450	438,9	57
146			„	4,32	4,55	4,56	19,7	89,8	47,0	0,52	8960	454,8	57
155		XII	weiß	4,30	4,41	4,39	19,0	83,4	37,0	0,44	8490	446,8	57
156			„	4,44	4,52	4,56	20,1	91,7	40,5	0,44	8200	408,6	57
153			schw. blau	5,20	5,15	5,26	26,8	141,0	67,5	0,48	11270	420,5	57
157			„	4,48	4,50	4,60	20,2	92,9	46,0	0,50	8670	429,2	57
158			„	4,62	4,62	4,68	21,3	99,7	54,0	0,54	9770	458,7	56
154			blau	4,44	4,48	4,56	19,9	90,7	44,5	0,49	8730	438,7	56
164		XV	weiß	3,85	3,85	3,97	14,8	58,8	28,0	0,48	6310	426,4	56
170			„	4,12	4,19	4,25	17,3	73,5	33,0	0,45	7360	425,4	56
166			schw. blau	4,03	4,09	4,19	16,5	69,1	32,0	0,46	7090	429,7	56
168			„	3,94	3,97	4,04	15,6	63,0	29,0	0,46	6610	423,7	56
163			blau	4,40	4,42	4,47	19,4	86,7	42,5	0,49	7670	395,4	56
181	6	I	weiß	4,68	4,80	4,95	22,5	111,4	62,5	0,56	12200	542,2	56
173			schw. blau	4,58	4,51	4,67	20,7	96,7	53,5	0,55	10760	519,8	55
178			„	5,77	5,76	5,99	33,2	198,9	111,0	0,58	20080	604,8	59
179			„	5,13	5,16	5,26	26,5	139,4	77,5	0,56	13670	515,8	55
184			„	4,51	4,58	4,75	20,7	98,3	54,0	0,55	9930	479,7	55
172			blau	5,01	5,10	5,17	25,6	132,4	75,4	0,57	(12810)	(500,4)	50
174			„	4,91	4,91	5,04	24,1	121,5	65,3	0,54	12020	498,8	50
189		V	weiß	3,04	3,01	3,13	9,2	28,8	14,5	0,50	3860	412,6	57
199			„	5,18	5,34	5,30	27,7	146,8	77,0	0,52	12990	469,0	57
194			schw. blau	4,52	4,50	4,62	20,3	93,8	45,0	0,48	9180	452,2	57
186			blau	4,60	4,65	4,64	21,4	99,3	52,5	0,53	9800	457,9	57
191			„	4,39	4,44	4,56	19,5	88,9	45,0	0,51	9770	501,0	57
193			„	4,47	4,50	4,54	20,1	91,3	47,5	0,52	10040	499,5	56
196			„	4,08	4,17	4,25	17,0	72,3	37,5	0,52	(6630)	(390,0)	56
200			„	5,28	5,22	5,35	27,6	147,7	80,0	0,54	14840	537,7	56
203		IX	blau	3,92	3,95	3,94	15,5	61,1	28,0	0,46	6550	422,6	56
204			„	4,19	4,33	4,38	18,1	79,3	36,5	0,46	7850	433,7	56
206			„	4,02	4,12	4,20	16,6	69,7	34,0	0,49	8000	481,9	56
208			„	4,33	4,26	4,39	18,4	80,8	42,0	0,52	7690	417,9	56
211			„	4,55	4,61	4,73	21,0	99,3	51,0	0,51	8350	397,6	55
213		XIII	blau	4,10	4,10	4,14	16,8	69,6	33,0	0,47	7480	445,2	54
215			„	5,40	5,44	5,43	29,4	159,6	81,0	0,51	11140	378,9	54
218			„	4,51	4,60	5,08	20,7	105,2	48,0	0,46	8170	394,7	54
222			„	3,51	3,53	3,58	12,4	44,4	21,0	0,47	5390	434,7	54
224			„	3,70	3,77	3,77	13,9	52,4	25,0	0,48	5960	428,8	54
226			„	3,73	3,74	3,79	14,0	53,1	24,0	0,45	5990	427,9	54

Tabelle 6. Untersuchungen von Holzproben auf Wasseraufnahme.

Nr. der Probe	Entnommen			Im lufttrockenen Zustande						
				Abmessungen					Gewicht	
	Stamm Nr.	Scheibe Nr.	Zustand	Kantenlänge a cm	Kantenlänge b cm	Höhe h cm	Druckfläche qcm	Inhalt Jm ccm	Gesammt G_l g	Raumgewicht $r = \frac{G_l}{Jm}$
3	3	V	weiß	6,06	6,09	6,20	36,9	228,8	121,6	0,53
2			blau	4,92	5,02	5,08	24,7	125,5	66,0	0,53
13		VII	weiß	4,07	4,08	4,07	16,6	67,6	35,5	0,53
14			blau	4,03	4,22	4,41	17,0	75,0	40,0	0,53
16			„	4,56	4,60	4,73	21,0	99,3	50,5	0,51
20		VIII	weiß	6,28	6,29	6,41	39,5	253,2	121,1	0,48
21			blau	5,91	6,09	6,15	36,0	221,4	106,0	0,48
32	1	I	weiß	5,69	5,73	5,89	32,6	192,0	103,0	0,54
26			schw. blau	5,20	5,22	5,30	27,1	143,9	79,2	0,55
33			blau	5,20	5,25	5,37	27,3	146,6	80,5	0,55
46		V	weiß	5,04	5,06	5,06	25,5	129,0	63,0	0,49
47			„	5,25	5,27	5,32	27,7	147,2	73,8	0,50
54			„	5,21	5,29	5,36	27,6	147,7	73,3	0,50
51			schw. blau	4,86	4,90	4,92	23,8	117,2	56,0	0,48
52			blau	5,18	5,24	5,35	27,1	145,2	69,4	0,48
67		IX	weiß	4,54	4,62	4,68	21,0	98,3	44,5	0,45
71			„	4,68	4,76	4,70	22,3	104,8	48,0	0,46
60			blau	5,48	5,58	5,75	30,6	176,0	82,7	0,47
64			„	4,99	5,03	5,23	25,1	131,3	64,7	0,49
68			„	4,80	4,75	4,93	22,8	112,4	54,0	0,48
82		XIII	weiß	4,16	4,13	4,27	17,2	73,4	36,6	0,50
87			„	4,42	4,46	4,48	19,7	88,3	40,0	0,45
78			schw. blau	3,63	3,65	3,72	13,3	49,3	23,0	0,46
80			blau	5,39	5,48	5,54	29,5	163,6	81,7	0,50
89			„	4,24	4,48	4,56	19,0	86,6	41,5	0,48
90	2	I	weiß	4,94	5,11	5,19	25,2	131,0	74,5	0,57
93			„	5,47	5,50	5,64	30,1	169,7	93,1	0,55
96			„	4,99	5,07	5,15	25,3	130,3	72,0	0,55
105			„	5,57	5,55	5,67	30,9	175,3	97,4	0,56
95			schw. blau	6,32	6,33	6,44	40,0	257,6	141,8	0,53
104			„	5,36	5,56	5,63	29,8	167,6	96,9	0,58
100			blau	5,55	5,59	5,73	31,0	177,6	100,6	0,57
106		III	schw. blau	5,79	5,88	6,05	34,1	206,3	121,3	0,59
115			„	5,30	5,25	5,37	27,8	149,3	81,7	0,55
107			blau	5,78	5,79	6,03	33,5	202,0	123,5	0,61
110			„	4,81	4,95	5,12	23,8	121,9	74,2	0,61
129		VI	schw. blau	4,75	4,69	4,87	22,3	108,4	58,0	0,53
121			blau	4,64	4,60	4,79	21,3	102,0	53,4	0,52
123			„	4,70	4,72	4,76	22,2	105,5	55,0	0,52
127			„	5,09	5,10	5,30	26,0	137,5	74,7	0,54
141		VIII	schw. blau	4,26	4,28	4,29	18,2	78,3	38,9	0,50
148			„	5,18	5,08	5,10	26,3	134,4	68,5	0,51
137			blau	4,36	4,32	4,53	18,8	85,2	40,5	0,48
145			„	4,17	4,03	4,27	16,8	71,7	35,0	0,49
152		XII	weiß	4,52	4,50	4,60	20,3	93,6	42,0	0,45
159			„	4,47	4,48	4,59	20,0	91,9	39,5	0,43
161			schw. blau	4,42	4,43	4,47	19,6	87,5	40,5	0,46
160			blau	4,79	4,80	4,93	23,0	113,2	52,9	0,47

Quellen und Druckfestigkeit im wassergetränkten Zustande.

1 Tag im Wasser						3 Tage im Wasser						Nr. der Probe
Abmessungen			Gewicht	Gewichtszunahme		Abmessungen			Gewicht	Gewichtszunahme		
Kantenlänge		Höhe		Gesammt	in	Kantenlänge		Höhe		Gesammt	in	
a	b	h	G_n^1	$G_n^1 - G_l$	%	a	b	h	G_n^3	$G_n^3 - G_l$	%	
cm	cm	cm	g	g		cm	cm	cm	g	g		
6,37	6,25	6,23	172,0	50,4	41,4	6,37	6,25	6,23	191,5	69,9	57,5	3
5,20	5,20	5,09	98,0	32,0	48,5	5,20	5,19	5,10	107,5	41,5	62,9	2
4,26	4,16	4,09	54,5	19,0	53,5	4,26	4,19	4,10	60,0	24,5	69,0	13
4,23	4,34	4,44	57,5	17,5	43,8	4,24	4,33	4,45	64,0	24,0	60,0	14
4,82	4,75	4,74	74,5	24,0	47,5	4,81	4,75	4,74	83,5	33,0	65,3	16
6,47	6,36	6,44	196,0	74,9	61,8	6,25	6,39	6,44	213,5	92,4	76,3	20
6,11	6,20	6,16	151,0	45,0	42,5	6,12	6,20	6,17	170,5	64,5	60,8	21
6,03	5,89	5,92	160,0	57,0	55,3	6,05	5,88	5,92	180,0	77,0	74,8	32
5,47	5,35	5,30	121,0	41,8	52,8	5,50	5,36	5,31	134,5	55,3	69,9	26
5,54	5,37	5,40	125,5	45,0	55,9	5,53	5,37	5,40	139,0	58,5	72,7	33
5,29	5,19	5,06	91,0	28,0	44,5	5,31	5,19	5,07	101,5	38,5	61,1	46
5,50	5,38	5,32	109,0	25,2	34,1	5,52	5,38	5,33	122,0	48,2	65,3	47
5,47	5,40	5,37	136,0	62,7	85,5	5,50	5,41	5,38	141,5	68,2	93,0	54
5,13	5,00	4,92	97,5	41,5	74,1	5,14	5,02	4,92	104,5	48,5	86,6	51
5,45	5,37	5,36	119,5	50,1	72,2	5,46	5,38	5,38	129,0	59,6	85,9	52
4,74	4,71	4,70	90,5	46,0	103,4	4,75	4,70	4,72	93,0	48,5	109,0	67
4,88	4,84	4,71	106,5	58,5	121,9	4,90	4,86	4,72	109,5	61,5	128,1	71
5,76	5,67	5,76	140,0	57,3	69,3	5,76	5,70	5,77	153,0	70,3	85,1	60
5,30	5,17	5,25	106,0	41,3	63,9	5,30	5,17	5,26	115,0	50,3	77,8	64
5,07	4,86	4,95	104,5	50,5	93,5	5,07	4,86	4,94	109,0	55,0	101,9	68
4,42	4,23	4,27	81,5	44,9	122,9	4,42	4,24	4,27	84,0	47,4	129,5	82
4,65	4,56	4,50	99,5	59,5	148,8	4,66	4,56	4,50	101,0	61,0	152,5	87
3,82	3,73	3,74	50,5	27,5	119,6	3,82	3,73	3,75	53,0	30,0	130,4	78
5,70	5,60	5,56	137,0	55,3	67,7	5,71	5,60	5,57	149,0	67,3	82,4	80
4,46	4,55	4,57	73,0	31,5	75,9	4,46	4,56	4,58	80,5	39,0	94,0	89
5,18	5,26	5,20	128,5	54,0	72,5	5,18	5,26	5,20	135,5	61,0	81,9	90
5,75	5,68	5,65	194,5	101,4	109,0	5,76	5,69	5,65	199,5	106,4	114,4	93
5,22	5,20	5,17	141,0	69,0	95,8	5,20	5,18	5,17	145,0	73,0	101,4	96
5,85	5,69	5,68	189,0	91,6	94,1	5,86	5,70	5,69	194,0	96,6	99,2	105
6,64	6,46	6,44	285,0	143,2	101,1	6,63	6,47	6,44	292,0	150,2	106,0	95
5,63	5,71	5,65	174,0	77,1	79,6	5,64	5,72	5,66	180,0	83,1	85,7	104
5,81	5,78	5,74	172,5	71,9	71,5	5,82	5,78	5,74	178,5	77,9	77,5	100
6,00	6,00	6,07	156,5	35,2	29,0	6,06	6,03	6,07	168,0	46,7	38,5	106
5,49	5,36	5,38	159,0	77,3	94,6	5,50	5,36	5,38	161,5	79,8	97,7	115
5,95	5,90	6,05	154,5	31,0	25,1	6,00	5,93	6,05	166,5	43,0	34,8	107
5,04	5,07	5,13	102,5	28,3	38,2	5,04	5,08	5,13	108,5	34,3	46,5	110
4,92	4,78	4,88	81,0	23,0	39,7	4,93	4,80	4,88	88,5	30,5	52,6	129
4,80	4,68	4,82	82,0	28,6	53,6	4,81	4,69	4,82	87,5	34,1	63,9	121
4,87	4,83	4,76	75,5	20,5	37,3	4,91	4,84	4,76	84,0	29,0	52,8	123
5,30	5,24	5,32	119,5	44,8	60,0	5,30	5,24	5,33	126,0	51,3	68,8	127
4,44	4,39	4,30	82,5	43,6	112,0	4,44	4,39	4,30	84,0	45,1	115,9	141
5,37	5,21	5,11	116,0	47,5	69,5	5,37	5,20	5,11	121,5	53,0	77,4	148
4,53	4,42	4,54	72,5	32,0	79,0	4,53	4,42	4,54	77,5	37,0	91,3	137
4,34	4,14	4,29	57,5	22,5	64,3	4,35	4,15	4,30	61,5	26,5	75,7	145
4,70	4,59	4,61	91,5	49,5	117,9	4,72	4,59	4,62	94,0	52,0	123,9	152
4,65	4,57	4,60	99,5	60,0	151,9	4,65	4,57	4,61	101,0	61,5	155,7	159
4,54	4,52	4,48	88,5	48,0	118,4	4,56	4,52	4,49	90,5	50,0	123,4	161
4,97	4,91	4,94	111,5	58,6	110,9	4,97	4,93	4,95	114,0	61,1	115,6	160

Tabelle 6

Nr. der Probe	6 Tage im Wasser			10 Tage im Wasser			14 Tage im Wasser			21 Tage
	Gewicht	Gewichtszunahme		Gewicht	Gewichtszunahme		Gewicht	Gewichtszunahme		Ab-
		Gesammt	in		Gesammt	in		Gesammt	in	Kantenlänge
	G_n^6	$G_n^6 - G_1$	%	G_n^{10}	$G_n^{10} - G_1$	%	G_n^{14}	$G_n^{14} - G_1$	%	a / b
	g	g		g	g		g	g		cm / cm
3	200,5	78,9	64,9	203,0	31,4	66,9	203,5	81,9	67,3	6,39 / 6,25
2	112,5	46,5	70,5	114,5	48,5	73,5	116,5	50,5	76,5	5,19 / 5,16
13	63,0	27,5	77,5	63,5	28,0	78,9	63,5	28,0	78,9	4,26 / 4,16
14	69,5	29,5	73,8	71,0	31,0	77,5	72,5	32,5	81,3	4,23 / 4,33
16	89,5	39,0	77,2	91,5	41,0	81,2	93,0	42,5	84,1	4,80 / 4,73
20	222,0	100,9	83,3	224,0	102,9	85,0	224,5	103,4	85,4	6,51 / 6,40
21	181,0	75,0	70,8	184,0	78,0	73,6	185,0	79,0	74,6	6,14 / 6,19
32	185,0	82,0	79,6	186,0	83,0	80,6	187,5	84,5	82,1	6,06 / 5,91
26	138,5	59,3	75,0	141,0	61,8	78,2	143,0	63,8	80,7	5,50 / 5,36
23	143,0	62,5	77,6	144,0	63,5	78,8	144,5	64,0	79,5	5,55 / 5,37
46	109,5	46,5	73,8	112,5	49,5	78,6	114,0	51,0	81,0	5,32 / 5,18
47	128,5	54,7	74,1	131,5	57,7	78,1	133,5	59,7	80,9	5,53 / 5,36
54	146,5	73,2	99,9	149,0	75,7	103,1	151,5	78,2	106,6	5,50 / 5,41
51	108,0	52,0	92,8	109,5	53,5	95,6	110,0	54,0	96,4	5,14 / 5,01
52	131,5	62,1	89,5	134,0	64,6	93,1	136,0	66,6	96,0	5,47 / 5,38
67	95,5	51,0	114,6	97,5	53,0	119,1	99,0	54,5	122,4	4,76 / 4,72
71	111,5	63,5	132,2	112,5	64,5	134,3	113,0	65,0	135,4	4,88 / 4,85
60	157,0	74,3	89,8	159,5	76,8	92,9	160,5	77,8	94,1	5,76 / 5,70
64	118,0	53,3	82,4	120,0	55,3	85,5	122,0	57,3	88,6	5,30 / 5,18
68	111,5	57,5	106,4	112,5	58,5	108,3	113,5	59,5	110,1	5,07 / 4,86
82	84,5	47,9	130,9	84,5	47,9	130,9	85,0	48,4	132,1	4,43 / 4,25
87	103,0	63,0	157,5	103,0	63,0	157,5	103,5	63,5	158,8	4,66 / 4,57
78	54,5	31,5	137,0	55,0	32,0	139,1	56,0	33,0	143,4	3,81 / 3,75
80	152,5	70,8	86,7	155,5	73,8	90,3	157,5	75,8	92,8	5,70 / 5,60
89	82,5	41,0	98,8	84,5	43,0	103,6	86,0	44,5	107,2	4,46 / 4,56
90	137,5	63,0	84,5	138,0	63,5	85,2	139,0	64,5	86,6	5,19 / 5,28
93	202,5	109,4	117,6	202,5	109,4	117,6	203,5	110,4	118,8	5,78 / 5,69
96	147,0	75,0	104,1	148,0	76,0	105,6	149,0	77,0	106,9	5,20 / 5,20
105	198,5	101,1	103,8	199,0	101,6	104,3	199,5	102,1	104,8	5,87 / 5,70
95	293,0	151,2	106,6	295,0	153,2	108,1	298,0	156,2	110,1	6,66 / 6,50
104	183,0	86,1	88,9	185,5	88,6	91,5	187,0	90,1	93,0	5,63 / 5,74
100	182,5	81,9	81,5	184,5	83,9	83,5	186,0	85,4	84,9	5,82 / 5,79
106	177,0	55,7	45,9	185,0	63,7	52,5	188,5	67,2	55,3	6,11 / 6,06
115	161,0	79,3	97,2	164,0	82,3	100,7	166,0	84,3	103,2	5,49 / 5,36
107	174,5	51,0	41,3	182,0	58,5	47,4	186,0	62,5	50,6	6,08 / 5,97
110	113,0	38,8	52,3	117,0	42,8	57,8	119,0	44,8	60,4	5,05 / 5,10
129	93,0	35,0	60,3	97,5	39,5	68,1	99,5	41,5	71,6	4,98 / 4,82
121	89,0	35,5	66,6	92,5	39,1	73,3	95,5	42,5	79,0	4,82 / 4,70
123	87,5	32,5	59,2	92,0	37,0	67,3	94,5	39,5	71,8	4,93 / 4,85
127	127,0	52,3	70,1	131,5	56,8	76,1	135,0	60,3	80,7	5,32 / 5,25
141	85,0	46,1	118,5	86,5	47,6	122,4	88,0	49,1	126,2	4,46 / 4,40
148	125,0	56,5	82,5	128,5	60,0	87,6	131,0	62,5	91,2	5,38 / 4,22
137	79,5	39,0	96,3	81,5	41,0	101,1	84,0	43,5	107,5	4,55 / 4,44
145	63,5	28,5	81,4	66,5	31,5	90,0	68,5	33,5	95,7	4,36 / 4,15
152	95,0	53,0	126,1	97,0	55,0	131,0	98,5	56,5	134,6	4,72 / 4,59
159	101,5	62,0	156,9	103,5	64,0	162,0	105,0	65,5	165,9	4,68 / 4,59
161	91,5	51,0	125,9	94,5	54,0	133,2	96,0	55,5	137,1	4,56 / 4,53
160	115,5	62,6	118,3	119,0	66,1	125,0	121,5	68,6	129,7	4,98 / 4,93

(Fortsetzung).

im Wasser						Raumgewicht		Bruchbelastung			Nr. der Probe
messungen			Gewicht	Gewichtszunahme		lufttrocken	nach 21 Tag. in Wasser	Gesammt	Spannungen		
Höhe h	Druckfläche F_1	Inhalt J m	G_n^n	Gesammt $G_n^n - G_1$	in %	r_1	r_n^n	P	P/F	P/F_1	
cm	qcm	ccm	g	g				kg	kg/qcm	kg/qcm	
6,22	39,9	248,4	209,0	87,4	71,9	0,53	0,84	8030	218	201	3
5,10	26,8	136,7	121,0	55,0	83,4	0,53	0,89	5730	232	214	2
4,10	17,7	72,7	66,5	31,0	87,4	0,53	0,92	2700	163	153	13
4,45	18,4	81,6	75,5	35,5	88,8	0,53	0,92	2630	155	143	14
4,74	22,7	107,7	97,0	46,5	92,2	0,51	0,90	4710	224	207	16
6,44	41,6	268,3	232,0	110,9	91,6	0,48	0,87	8820	223	212	20
6,17	38,0	234,5	192,0	86,0	81,2	0,48	0,82	7940	221	209	21
5,92	35,8	211,9	194,0	91,0	88,3	0,54	0,92	7240	222	203	32
5,32	29,5	156,5	148,5	69,3	87,6	0,55	0,95	6070	224	206	26
5,41	29,8	161,1	149,6	69,0	85,7	0,55	0,93	4740	174	159	33
5,08	27,6	140,2	119,5	56,5	89,7	0,49	0,85	5540	217	201	46
5,34	29,6	158,4	139,0	65,2	88,4	0,50	0,88	6120	221	207	47
5,38	29,7	160,2	155,5	82,2	112,1	0,50	0,97	5810	211	196	54
4,93	25,8	127,1	114,5	58,5	104,5	0,48	0,90	5040	212	196	51
5,38	29,4	158,7	142,5	73,1	105,3	0,48	0,90	5780	213	197	52
4,73	22,4	106,0	101,5	57,0	128,1	0,45	0,96	4050	193	181	67
4,74	23,7	112,3	116,0	68,0	141,7	0,46	1,03	4430	199	187	71
5,77	32,8	189,3	168,0	85,3	103,3	0,47	0,89	6670	218	204	60
5,26	27,5	144,7	128,5	63,8	98,3	0,49	0,89	4690	187	171	64
4,95	24,6	122,0	117,5	63,5	117,7	0,48	0,96	4830	212	197	68
4,28	18,8	80,5	86,5	49,9	136,4	0,50	1,08	3920	228	209	82
4,51	21,3	96,0	105,5	65,5	163,8	0,45	1,10	3990	203	187	87
3,76	14,3	53,7	57,5	34,5	150,0	0,46	1,07	3060	230	211	78
5,58	31,9	178,0	163,5	81,8	100,2	0,50	0,92	6610	224	207	80
4,60	20,3	93,5	89,5	48,0	115,7	0,48	0,96	4250	224	209	89
5,22	27,4	143,0	143,5	69,0	92,6	0,57	1,00	6510	259	238	90
5,66	32,9	186,2	208,5	115,4	124,1	0,55	1,12	7340	244	223	93
5,19	27,0	140,1	152,0	80,0	111,1	0,55	1,09	6500	257	241	96
5,70	33,4	190,4	206,0	108,6	111,5	0,56	1,08	7330	243	220	105
6,43	43,3	278,4	303,5	161,7	114,0	0,53	1,09	10200	255	236	95
5,68	32,3	183,5	191,5	94,6	97,6	0,58	1,04	7400	248	229	104
5,75	33,7	193,8	191,5	90,9	90,9	0,57	0,99	7640	246	227	100
6,08	37,0	225,0	192,5	71,2	58,7	0,59	0,87	8260	242	224	106
5,41	29,4	159,1	167,5	85,8	105,1	0,55	1,05	7060	254	240	115
6,07	36,3	220,3	188,5	65,0	52,7	0,61	0,86	8320	248	229	107
5,15	25,8	132,6	121,0	46,8	63,1	0,61	0,91	6150	259	238	110
4,89	24,0	117,4	101,5	43,5	75,0	0,53	0,86	5500	247	229	129
4,83	22,6	109,2	98,0	44,6	83,5	0,52	0,92	5610	264	248	121
4,77	23,9	114,0	96,0	41,0	74,6	0,52	0,84	5160	232	216	123
5,36	27,9	149,5	136,0	61,3	82,2	0,54	0,91	6750	260	242	127
4,33	19,6	84,9	89,0	50,1	128,8	0,50	1,05	4450	245	227	141
5,13	28,1	144,2	134,0	65,5	95,7	0,51	0,93	6490	247	231	148
4,56	20,2	92,1	85,5	45,0	111,1	0,48	0,93	4530	241	225	137
4,31	18,1	78,0	70,5	35,5	101,5	0,49	0,90	4150	247	229	145
4,63	21,7	100,3	99,5	57,5	137,0	0,45	0,99	4090	202	189	152
4,63	21,5	99,5	105,5	66,0	167,1	0,43	1,06	3970	199	185	159
4,50	20,7	93,2	97,0	56,5	139,6	0,46	1,04	4500	230	218	161
4,96	24,6	122,0	123,0	70,1	132,6	0,47	1,01	4860	211	198	160

Tabelle 6

Nr. der Probe	Entnommen			Im lufttrockenen Zustande						
				Abmessungen					Gewicht	
	Stamm Nr.	Scheibe Nr.	Zustand	Kantenlänge a cm	Kantenlänge b cm	Höhe h cm	Druckfläche qcm	Inhalt Jm ccm	Gesammt G_1 g	Raumgewicht $r = \frac{G_1}{Jm}$
171	2	XV	weiß	3,49	3,47	3,54	12,1	42,9	18,5	0,43
169			schw. blau	4,31	4,39	4,50	18,9	85,2	40,5	0,48
162			blau	4,20	4,19	4,25	17,6	74,8	35,0	0,47
175	6	I	schw. blau	4,10	4,16	4,24	17,1	72,5	39,5	0,54
182			„	5,38	5,34	5,45	28,8	156,7	83,4	0,53
180			blau	5,26	5,41	5,55	28,4	157,0	87,9	0,56
201		V	weiß	4,82	4,84	5,03	23,3	117,3	57,5	0,49
187			schw. blau	4,95	5,08	5,05	25,1	120,0	66,0	0,52
192			blau	4,22	4,14	4,32	17,5	75,6	38,0	0,50
195			„	5,20	5,30	5,43	27,6	149,7	76,0	0,51
205		IX	schw. blau	3,99	4,04	4,15	16,1	67,0	32,0	0,48
209			„	3,86	3,83	4,07	14,8	60,2	32,5	0,54
207			blau	4,47	4,37	4,42	19,5	86,2	41,0	0,48
210			„	3,95	4,02	4,04	15,9	64,1	31,0	0,48
217		XIII	blau	4,09	4,00	3,99	16,4	65,4	30,5	0,47
219			„	4,50	4,78	4,57	21,5	98,3	49,0	0,49
221			„	2,97	2,98	3,07	8,8	27,1	12,0	0,45
225			„	3,59	3,62	3,64	13,0	47,3	22,0	0,47

Tabelle 6

Nr. der Probe	6 Tage im Wasser			10 Tage im Wasser			14 Tage im Wasser			21 Tage	
	Gewicht	Gewichtszunahme		Gewicht	Gewichtszunahme		Gewicht	Gewichtszunahme		Ab-	
		Gesammt	in		Gesammt	in		Gesammt	in	Kantenlänge	
	G_n^6 g	$G_n^6 - G_1$ g	%	G_n^{10} g	$G_n^{10} - G_1$ g	%	G_n^{14} g	$G_n^{14} - G_1$ g	%	a cm	b cm
171	46,5	28,0	151,3	48,0	29,5	159,5	49,0	30,5	165,0	3,65	3,55
169	95,5	55,0	135,9	97,5	57,0	140,7	98,5	58,0	143,3	4,50	4,49
162	75,0	40,0	114,2	77,5	42,5	121,3	79,0	44,0	125,8	4,34	4,28
175	73,0	33,5	84,8	75,5	36,0	91,2	77,5	38,0	96,3	4,37	4,30
182	151,5	68,1	81,7	155,5	72,1	86,4	158,5	75,1	90,0	5,71	5,50
180	149,5	61,6	70,1	151,0	63,1	71,8	154,5	66,6	75,8	5,59	5,60
201	112,5	55,0	95,6	115,5	58,0	100,9	117,5	60,0	104,3	5,10	4,96
187	110,5	44,5	67,5	114,0	48,0	72,8	117,0	51,0	77,3	5,15	5,18
192	66,0	28,0	73,7	69,5	31,5	82,9	71,5	33,5	88,2	4,46	4,27
195	125,5	49,5	65,1	131,0	55,0	72,4	134,5	58,5	77,0	5,51	5,46
205	61,5	29,5	92,2	64,0	32,0	100,0	66,5	34,5	107,8	4,23	4,14
209	54,5	22,0	67,7	57,5	25,0	76,9	59,0	26,5	81,6	3,96	3,87
207	89,0	48,0	117,0	91,5	50,5	123,1	93,0	52,0	126,8	4,73	4,49
210	67,5	36,5	117,7	70,0	39,0	125,8	71,0	40,0	129,0	4,16	4,13
217	59,0	28,5	93,4	61,5	31,0	101,6	63,0	32,5	106,6	4,32	4,10
219	92,5	43,5	88,6	95,5	46,5	94,8	97,5	48,5	99,0	4,62	4,84
221	25,5	13,5	112,5	27,0	15,0	125,0	28,0	16,0	133,3	3,15	3,04
225	42,5	20,5	93,2	45,0	23,0	104,5	46,0	24,0	109,0	3,78	3,71

(Fortsetzung).

1 Tag im Wasser						3 Tage im Wasser						Nr. der Probe
Abmessungen			Gewicht	Gewichtszunahme		Abmessungen			Gewicht	Gewichtszunahme		
Kantenlänge		Höhe		Gesammt	in	Kantenlänge		Höhe		Gesammt	in	
a	b	h	G_n^1	$G_n^1 - G_l$	%	a	b	h	G_n^3	$G_n^3 - G_l$	%	
cm	cm	cm	g	g		cm	cm	cm	g	g		
3,62	3,53	3,55	45,5	27,0	145,9	3,62	3,54	3,55	46,5	28,0	151,3	171
4,48	4,48	4,52	93,0	52,5	129,5	4,48	4,49	4,53	95,0	54,5	134,5	169
4,31	4,26	4,27	72,0	37,0	105,6	4,31	4,26	4,29	74,0	39,0	111,3	162
4,34	4,29	5,24	68,5	29,0	73,4	4,35	4,30	4,25	72,0	32,5	82,3	175
5,68	5,47	5,45	141,5	58,1	69,7	5,68	5,50	5,46	149,5	66,1	79,3	182
5,58	5,58	5,55	134,0	46,1	52,4	5,60	5,59	5,55	143,5	55,6	63,3	180
5,07	4,93	5,05	103,0	45,5	79,2	5,08	4,96	5,07	108,0	50,5	87,8	201
5,08	5,15	5,06	99,5	33,5	50,8	5,10	5,17	5,06	108,0	42,0	63,6	187
4,42	4,25	4,34	57,5	19,5	51,3	4,44	4,26	4,35	64,5	26,5	67,9	192
5,48	5,42	5,45	109,5	33,5	44,1	5,51	5,46	5,47	120,5	44,5	58,6	195
4,19	4,16	4,17	57,5	25,5	79,6	4,21	4,14	4,18	60,0	28,0	87,5	205
3,95	3,85	4,09	51,5	19,0	58,5	3,96	3,86	4,10	53,5	21,0	64,6	209
4,71	4,46	4,45	83,5	42,5	103,7	4,71	4,48	4,46	87,5	46,5	113,4	207
4,14	4,11	4,06	65,0	34,0	109,7	4,15	4,12	4,07	67,0	36,0	116,1	210
4,28	4,08	4,00	56,5	26,0	85,2	4,30	4,09	4,01	58,5	28,0	91,8	217
4,59	4,82	4,59	87,5	38,5	78,6	4,63	4,83	4,59	91,5	42,5	86,7	219
3,13	3,04	3,08	22,5	10,5	87,5	3,13	3,04	3,08	24,0	12,0	100,0	221
3,76	3,70	3,65	36,5	14,5	65,9	3,76	3,70	3,66	41,0	19,0	86,4	225

(Fortsetzung).

im Wasser						Raumgewicht		Bruchbelastung			Nr. der Probe
messungen			Gewicht	Gewichtszunahme		lufttrocken	nach 21 Tag. in Wasser	Gesammt	Spannungen		
Höhe	Druckfläche	Inhalt		Gesammt	in						
h	F_1	Jm	G_n^n	$G_n^{21} - G_l$	%	r_l	r_n^{21}	P	P/F	P/F_1	
cm	qcm	ccm	g	g				kg	kg/qcm	kg/qcm	
3,57	13,0	46,3	49,5	31,0	167,6	0,43	1,07	2380	197	183	171
4,54	20,2	91,7	99,5	59,0	145,9	0,48	1,09	3970	210	197	169
4,29	18,6	79,8	80,5	45,5	130,0	0,47	1,01	4010	228	216	162
4,26	18,8	80,1	79,0	39,5	100,0	0,54	0,99	4070	238	216	175
5,48	31,4	172,1	160,5	77,1	92,4	0,53	0,93	6220	216	198	182
5,58	31,3	174,7	157,5	69,6	79,2	0,56	0,90	6920	244	221	180
5,08	25,3	128,5	120,0	62,5	108,8	0,49	0,93	4910	211	194	201
5,09	26,7	135,9	119,0	53,0	80,3	0,52	0,88	6270	250	235	187
4,36	19,0	83,0	73,5	35,5	93,5	0,50	0,89	4000	229	211	192
5,47	30,1	164,6	136,0	60,0	79,0	0,51	0,83	6320	229	210	195
4,21	17,5	73,9	67,5	35,5	111,0	0,48	0,92	3620	225	207	205
4,10	15,3	62,9	60,0	27,5	84,6	0,54	0,96	4080	276	267	209
4,48	21,2	95,4	95,0	54,0	131,7	0,48	1,00	4190	215	198	207
4,07	17,2	70,0	72,0	41,0	132,3	0,48	1,03	3490	220	203	210
4,02	17,7	71,2	64,5	34,0	111,5	0,47	0,91	3440	210	194	217
4,62	22,4	103,3	99,0	50,0	102,0	0,49	0,96	4970	231	222	219
3,10	9,6	29,7	29,5	17,5	145,8	0,45	0,99	1780	202	185	221
3,68	14,0	51,6	47,5	25,5	115,9	0,47	0,92	2590	199	185	225

aber schließlich die Wasseraufnahme aufhören muß, die Schaulinien also asymptotisch zur Abscissenachse verlaufen müssen, so erscheint es wahrscheinlich, daß die beiden Linien nicht zusammenkommen oder sich gar überschneiden. Hiernach ist also

4. die Wasseraufnahmefähigkeit des Holzes überhaupt durch das Blauwerden beeinträchtigt.

Weiter ist aus dem Vergleich der unter einander stehenden Zahlenreihen Tab. 7 und 8, d. h. aus den Werthen für gleiche Tränkungsdauer, aber für die verschiedenen Scheiben aus immer demselben Stamm, zu ersehen, daß

5. die Wasseraufnahme im Allgemeinen um so größer war, je höher das Holz im Stamm gelegen hatte.

Nennenswerthe Ausnahmen hierbei macht nur das blaue Holz (Tab. 8) der Scheiben I aus den Stämmen 2 und 6.

Als auffallend ist ferner hervorzuheben, daß einzelne Proben und zwar besonders bei dem blauen Holz ganz erheblich größere Wasseraufnahme zeigen als andere aus derselben Scheibe. So betrug dieselbe z. B. bei Probe 209 aus Scheibe IX des Stammes 6 nur 84,6 %, dagegen bei Probe 210 aus derselben Scheibe 132,3 %.

Tabelle 7. **Wasseraufnahme innerhalb 21 Tagen.**

a. Weißes Holz.

Nr. der Probe	Entnommen aus: Stamm Nr.	Scheibe Nr.	Raumgewicht im lufttrockenen Zustande r = g/ccm: im Einzelnen	Mittel	Wasseraufnahme in % des Lufttrockengewichtes nach Tagen: Einzelwerthe 1	3	6	10	14	21	im Mittel 1	3	6	10	14	21
3	3	V	0,53	0,53	41,4	57,5	64,9	66,9	67,3	71,9	41,4	57,5	64,9	66,9	67,3	71,9
13		VII	0,53	0,53	53,5	69,0	77,5	78,9	78,9	87,4	53,5	69,0	77,5	78,9	78,9	87,4
20		VIII	0,48	0,48	61,8	76,3	83,3	85,0	85,4	91,6	61,8	76,3	83,3	85,0	85,4	91,6
32	1	I	0,54	0,54	55,3	74,8	79,6	80,6	82,1	88,3	55,3	74,8	79,6	80,6	82,1	88,3
46		V	0,49	0,50	44,5	61,1	73,8	78,6	81,0	89,7	54,7	73,1	82,6	86,6	89,5	96,7
47			0,50		34,1	65,3	74,1	78,1	80,9	88,4						
54			0,50		85,5	93,0	99,9	103,1	106,6	112,1						
67		IX	0,45	0,46	103,4	109,0	114,6	119,1	122,4	128,1	112,7	118,6	123,4	126,7	128,9	134,9
71			0,46		121,9	128,1	132,2	134,3	135,4	141,7						
82		XIII	0,50	0,48	122,9	129,5	130,9	130,9	132,1	136,4	135,9	141,0	144,2	144,2	145,5	150,1
87			0,45		148,8	152,5	157,5	157,5	158,8	163,8						
90	2	I	0,57	0,56	72,5	81,9	84,5	85,2	86,6	92,6	92,9	99,2	102,5	103,2	104,3	109,8
93			0,55		109,0	114,4	117,6	117,6	118,8	124,1						
96			0,55		95,8	101,4	104,1	105,6	106,9	111,1						
105			0,56		94,1	99,2	103,8	104,3	104,8	111,5						
152		XII	0,45	0,44	117,9	123,9	126,1	131,0	134,6	137,0	134,9	139,8	141,5	146,5	150,3	152,1
159			0,43		151,9	155,7	156,9	162,0	165,9	167,1						
171		XV	0,43	0,43	145,9	151,3	151,3	159,5	165,0	167,7	145,9	151,3	151,3	159,5	165,0	167,7
201	6	V	0,49	0,49	79,2	87,8	95,6	100,9	104,3	108,8	79,2	87,8	95,6	100,9	104,3	108,8
Gesammtmittel für alle Proben											91,1	101,6	106,6	109,7	111,9	117,0

Tabelle 8. Wasseraufnahme innerhalb 21 Tagen.

b. Blaues Holz.

Nr. der Probe	Entnommen aus: Stamm Nr.	Scheibe Nr.	Raumgewicht im lufttrockenen Zustande r = g/ccm: im Einzelnen	Mittel	Wasseraufnahme in % des Lufttrockengewichtes nach Tagen: Einzelwerthe 1	3	6	10	14	21	im Mittel 1	3	6	10	14	21
2	3	V	0,53	0,53	48,5	62,9	70,5	66,9	67,3	71,9	48,5	62,9	70,5	66,9	67,3	71,9
14		VII	0,53	0,52	43,8	60,0	73,8	77,5	81,3	88,8	45,7	62,7	75,5	79,4	82,7	90,5
16			0,51		47,5	65,3	77,2	81,2	84,1	92,2						
21		VIII	0,48	0,48	42,5	60,8	70,8	73,6	74,6	81,2	42,5	60,8	70,8	73,6	74,6	81,2
26	1	I	0,55	0,55	52,8	69,9	75,0	78,2	82,1	88,3	54,4	71,3	76,3	78,5	81,4	88,0
33			0,55		55,9	72,7	77,6	78,8	80,7	87,6						
51		V	0,48	0,48	74,1	86,6	92,8	95,6	96,4	104,5	73,2	86,3	91,2	94,4	96,2	104,9
52			0,48		72,2	85,9	89,5	93,1	96,0	105,3						
60		IX	0,47	0,48	69,3	85,1	89,8	92,9	94,1	103,3	75,6	88,3	92,9	95,6	97,6	106,6
64			0,49		63,9	77,8	82,4	85,5	88,6	98,8						
68			0,48		93,5	101,9	106,4	108,3	110,1	117,7						
78		XIII	0,46	0,48	119,6	130,4	137,0	139,1	143,4	150,0	87,7	102,3	107,5	111,0	114,5	122,0
80			0,50		67,7	82,4	86,7	90,3	92,8	100,2						
89			0,48		75,9	94,0	98,8	103,6	107,2	115,7						
95	2	I	0,53	0,56	101,1	106,0	106,6	108,1	110,1	114,0	84,1	89,7	92,3	94,4	96,0	100,6
100			0,57		71,5	77,5	81,5	83,5	84,9	90,3						
104			0,58		79,6	85,7	88,9	91,5	93,0	97,6						
106		III	0,59	0,59	29,0	38,5	45,9	52,5	55,3	58,7	46,8	54,4	59,2	64,6	67,4	69,9
107			0,61		25,1	34,8	41,3	47,4	50,6	52,7						
110			0,61		38,3	46,5	52,3	57,8	60,4	63,1						
115			0,55		94,6	97,7	97,2	100,7	103,2	105,1						
121		VI	0,52	0,53	53,5	63,8	66,6	73,3	78,8	83,4	47,6	59,5	64,1	71,2	75,7	78,8
123			0,52		37,3	52,8	59,2	67,3	71,8	74,6						
127			0,54		60,0	68,8	70,1	76,1	80,7	82,2						
129			0,53		39,7	52,6	60,3	68,1	71,6	75,0						
137		VIII	0,48	0,50	79,0	91,3	96,3	101,1	107,5	111,1	81,2	90,1	94,6	100,2	105,2	109,3
141			0,50		112,0	115,9	118,2	122,2	126,2	128,8						
145			0,49		64,3	75,7	81,4	90,0	95,7	101,5						
148			0,51		69,5	77,4	82,5	87,6	91,2	95,7						
160		XII	0,47	0,47	110,9	115,6	118,3	125,0	129,6	132,6	114,7	119,5	122,1	129,1	133,4	136,1
161			0,46		118,4	123,4	125,9	133,2	137,1	139,6						
162		XV	0,47	0,48	105,6	111,3	114,2	121,3	125,8	130,0	117,6	122,9	125,1	131,0	134,6	138,0
169			0,48		129,5	134,5	135,9	140,7	143,3	145,9						
175	6	I	0,54	0,54	73,4	82,3	84,8	91,2	96,3	100,0	65,2	75,0	78,9	83,1	87,4	90,5
180			0,56		52,4	63,3	70,1	71,8	75,8	79,2						
182			0,53		69,7	79,3	81,7	86,4	90,0	92,4						
187		V	0,52	0,51	50,8	63,6	67,5	72,8	77,3	80,3	48,7	64,0	68,8	76,0	80,8	84,3
192			0,50		51,3	69,7	73,7	82,9	88,2	93,5						
195			0,51		44,1	58,6	65,1	72,4	77,0	79,0						
205		IX	0,48	0,50	79,6	87,5	92,2	100,0	107,8	111,0	87,9	95,4	98,7	106,5	111,3	114,6
207			0,48		103,7	113,4	117,0	123,1	126,8	131,7						
209			0,54		58,5	64,6	67,7	76,9	81,6	84,6						
210			0,48		109,7	116,1	117,7	125,8	129,0	132,3						
217		XIII	0,47	0,47	85,2	91,8	93,4	101,6	106,6	111,5	79,3	91,2	97,0	106,5	112,0	118,8
219			0,49		78,6	86,7	88,8	94,8	99,0	102,0						
221			0,45		87,5	100,0	112,5	125,0	133,3	145,8						
225			0,47		65,9	86,4	93,2	104,5	109,0	115,9						
Gesammtmittel für alle Proben											70,6	82,1	87,4	91,9	95,2	100,4

Tabelle 9. Quellung bei

a. Weißes

Nr. der Probe	Entnommen aus		Raumgewicht im lufttrockenen Zustande r		Lineare Quellung in									
					in der Wölbfläche						in der Spiegel-			
					1		3		21		1		3	
	Stamm Nr.	Scheibe Nr.	im Einzelnen	Mittel	im Einzelnen	Mittel	im Einzelnen	Mittel	im Einzelnen	Mittel	im Einzelnen	Mittel	im Einzelnen	Mittel
3	3	V	0,53	0,53	5,1	5,1	5,1	5,1	5,4	5,4	2,6	2,6	2,6	2,6
13	3	VII	0,53	0,51	4,7	3,9	4,7	4,3	4,7	4,2	2,0	1,6	2,7	2,2
20			0,48		3,0		3,8		3,7		1,1		1,6	
32	1	I	0,54	0,54	6,0	6,0	6,3	6,3	6,5	6,5	2,8	2,8	2,6	2,6
46	1	V	0,49	0,50	5,0	4,9	5,4	5,4	5,6	5,5	2,6	2,3	2,6	2,3
47			0,50		4,8		5,1		5,3		2,1		2,1	
54			0,55		5,0		5,6		5,6		2,1		2,3	
67	1	IX	0,45	0,46	4,4	4,4	4,6	4,7	4,8	4,6	1,9	1,8	1,7	1,9
71			0,46		4,3		4,7		4,3		1,7		2,1	
82	1	XIII	0,50	0,48	6,3	5,8	6,3	5,9	6,5	6,0	2,4	2,3	2,7	2,5
87			0,45		5,2		5,4		5,4		2,2		2,2	
90	2	I	0,57	0,56	4,9	4,9	4,9	4,9	5,1	5,1	2,9	2,8	2,9	2,8
93	2		0,55		5,1		5,3		5,7		3,3		3,5	
96	2		0,55		4,6		4,2		4,2		2,6		2,2	
105	2		0,56		5,0		5,2		5,4		2,5		2,7	
152	2	XII	0,45	0,44	4,0	4,0	4,4	4,2	4,4	4,6	2,0	2,0	2,0	2,0
159	2		0,43		4,0		4,0		4,7		2,0		2,0	
171	2	XV	0,43	0,43	3,7	3,7	3,7	3,7	4,6	4,6	1,7	1,7	2,0	2,0
201	6	V	0,49	0,49	5,2	5,2	5,4	5,4	5,8	5,8	1,9	1,9	2,5	2,5
Gesammtmittel für alle Proben					4,79		4,99		5,23		2,18		2,34	

b. Der Verlauf der Quellung und seine Beziehung zur Wasseraufnahme.

Um den Verlauf der Quellung, wie er aus den Messungen sich ergiebt, übersichtlich zu gestalten, ist aus den in Tab. 6 niedergelegten Werthen berechnet, um wie viel Prozent, bezogen auf die Abmessungen im lufttrockenen Zustande, die Probewürfel durch das Liegen in Wasser nach 1, 3 und 21 Tagen in den drei Richtungen: Wölbfläche, Spiegel und Höhe an Länge und insgesammt an Rauminhalt zugenommen haben. Die erhaltenen Werthe sind in Tab. 9 und 10, getrennt für das weiße und blaue Holz, zusammengestellt, und immer hinter den Einzelwerthen für die Proben aus derselben Scheibe sind die zugehörigen Mittel angegeben. Diese Mittelwerthe weisen bei einzelnen Scheiben für die längere Dauer der Wasserlagerung eine etwas geringere Quellung auf als für die kürzere Lagerzeit. Die Ursache dürfte besonders in Ungleichmäßigkeiten der Bearbeitung zu suchen sein, die beim wiederholten Messen sich bemerkbar machen mußten, wenn nicht immer genau an denselben Stellen gemessen wurde. Sie mußten dann aber umsomehr ins Gewicht fallen, je kleiner die Unterschiede zwischen zwei aufeinander folgenden Messungen, d. h. je geringer die Quellung an sich war, und die durch sie veranlaßten Beobachtungsfehler kommen daher auch besonders bei den Reihen für die Spiegel und Höhen vor.

21tägigem Liegen in Waſſer.

Holz.

% nach Tagen								Zunahme des Körperinhaltes (räumliche Quellung) in % nach Tagen					
fläche		in der Höhe											
21		1		3		21		1		3		21	
im Einzelnen	Mittel	im Einzelnen	Mittel	im Einzelnen	Mittel	im Einzelnen	Mittel	im Einzelnen	Mittel	im Einzelnen	Mittel	im Einzelnen	Mittel
2,6	2,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,3	0,3	8,4	8,4	8,4	8,4	8,6	8,6
2,0 1,8	1,9	0,5 0,5	0,5	0,7 0,5	0,6	0,7 0,5	0,6	7,3 4,7	6,0	8,3 6,0	7,2	7,5 6,0	6,8
3,1	3,1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	9,5	9,5	9,7	9,7	10,4	10,4
2,4 1,7 2,3	2,1	0,0 0,0 0,2	0,1	0,2 0,2 0,4	0,3	0,4 0,4 0,4	0,4	7,7 6,9 7,4	7,3	8,3 7,5 8,4	8,1	8,7 7,6 8,5	8,3
2,2 1,9	2,1	0,4 0,2	0,3	0,9 0,4	0,7	1,1 0,9	1,0	6,7 6,1	6,4	7,2 7,3	7,3	7,8 7,2	7,5
2,9 2,5	2,7	0,0 0,4	0,2	0,0 0,4	0,2	0,2 0,7	0,5	8,7 8,0	8,4	9,0 8,3	8,7	9,7 8,7	9,2
3,3 3,5 2,6 2,7	3,0	0,2 0,2 0,4 0,2	0,3	0,2 0,2 0,4 0,4	0,3	0,6 0,4 0,8 0,5	0,6	8,2 8,7 7,7 7,9	8,1	8,2 9,1 6,9 8,4	8,2	9,2 9,7 7,5 8,6	8,8
2,0 2,5	2,3	0,2 0,2	0,2	0,4 0,4	0,4	0,7 0,9	0,8	6,2 6,4	6,3	6,8 6,6	6,7	7,2 8,3	7,8
2,3	2,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,8	0,8	5,6	5,6	6,1	6,1	7,9	7,9
2,5	2,5	0,4	0,4	0,8	0,8	1,0	1,0	7,5	7,5	8,9	8,9	9,6	9,6
2,46		0,33		0,46		0,65		7,35		7,93		8,49	

Immerhin läßt aber die Mehrzahl aller Reihen erkennen, daß

1. die Quellung bis zu 21 Tagen der Waſſerlagerung fortſchritt, wenn ſie auch in der Hauptſache ſchon innerhalb der erſten 24 Stunden ſich vollzog.

Beſonders deutlich tritt dies Ergebniß an den Mittelwerthen für alle Proben gleicher Quellungsdauer zu Tage, die den Tab. 9 und 10 zum Schluß angefügt und in Fig. 49 als Schaulinien B—E verzeichnet ſind.

Wie man ſieht, ſcheiden ſich die Schaulinien für die lineare Quellung nach der Lage der Meßrichtung zum Stamm deutlich in drei Gruppen, deren Lage zu einander erkennen läßt, daß

2. die Quellung tangential zu den Jahrringen (Wölbfläche) erheblich größer iſt als radial zu denſelben (Spiegel) und daß die Quellung in der Richtung der Stammachſe am geringſten iſt.

Vergleicht man an Hand der Schaulinien (Fig. 49) den Verlauf der Waſſeraufnahme mit demjenigen der Quellung, ſo zeigt ſich, daß zwar beide, wie ſchon geſagt, beſonders innerhalb der erſten 24 Stunden ſtark anwachſen, daß aber die Quellung dann bis zu

Tabelle 10. **Quellung bei**

b. **Blaues**

Nr. der Probe	Entnommen aus		Raumgewicht im lufttrockenen Zustande r		Lineare Quellung in									
					in der Wölbfläche						in der Spiegel-			
					1		3		21		1		3	
	Stamm Nr.	Scheibe Nr.	im Einzelnen	Mittel	im Einzelnen	Mittel	im Einzelnen	Mittel	im Einzelnen	Mittel	im Einzelnen	Mittel	im Einzelnen	Mittel
2	3	V	0,53	0,53	5,7	5,7	5,7	5,7	5,5	5,5	3,6	3,6	3,4	3,4
14	3	VII	0,53	0,52	5,0	5,4	5,2	5,4	5,0	5,2	2,8	3,1	2,6	3,0
16			0,51		5,7		5,5		5,3		3,3		3,3	
21		VIII	0,48	0,48	3,4	3,4	3,6	3,6	3,9	3,9	1,8	1,8	1,8	1,8
26	1	I	0,55	0,55	5,2	5,9	5,8	6,1	5,8	6,3	2,5	2,4	2,7	2,5
33			0,55		6,5		6,3		6,7		2,3		2,3	
51		V	0,48	0,48	5,6	5,4	5,8	5,6	5,8	5,7	2,0	2,3	2,5	2,6
52			0,48		5,2		5,4		5,6		2,5		2,7	
60		IX	0,47	0,48	5,1	5,6	5,1	5,6	5,1	5,6	1,6	2,2	2,2	2,4
64			0,49		6,2		6,2		6,2		2,8		2,8	
68			0,48		5,6		5,6		5,6		2,3		2,3	
78		XIII	0,46	0,48	5,2	5,4	5,2	5,4	5,0	5,3	2,2	2,0	2,2	2,1
80			0,50		5,8		5,9		5,8		2,2		2,2	
89			0,48		5,2		5,2		5,2		1,6		1,8	
95	2	I	0,53	0,56	5,1	4,9	4,9	5,0	5,4	5,1	2,1	2,7	2,2	2,8
100			0,57		4,7		4,9		4,9		3,4		3,4	
104			0,58		5,0		5,2		5,0		2,7		2,9	
106		III	0,59	0,59	3,6	3,7	4,7	4,3	5,5	4,8	2,0	2,1	2,6	2,4
107			0,61		2,9		3,8		5,2		1,9		2,4	
110			0,61		4,8		4,8		5,0		2,4		2,6	
115			0,55		3,6		3,8		3,6		2,1		2,1	
121		VI	0,52	0,53	3,5	3,7	3,7	4,0	3,9	4,5	1,7	2,2	2,0	2,4
123			0,52		3,6		4,5		4,9		2,3		2,5	
127			0,54		4,1		4,1		4,5		2,7		2,7	
129			0,53		3,6		3,8		4,8		1,9		2,3	
137		VIII	0,48	0,50	3,9	4,0	3,9	4,0	4,4	4,4	2,3	2,5	2,3	2,6
141			0,50		4,2		4,2		4,7		2,6		2,6	
145			0,49		4,1		4,3		4,6		2,7		3,0	
148			0,51		3,7		3,7		3,9		2,4		2,4	
160		XII	0,47	0,47	3,8	3,3	3,8	3,5	4,0	3,6	2,3	2,2	2,7	2,4
161			0,46		2,7		3,2		3,2		2,0		2,0	
162		XV	0,47	0,48	2,6	3,3	2,6	3,3	3,3	3,9	1,7	1,9	1,7	2,0
169			0,48		3,9		3,9		4,4		2,1		2,3	
175	6	I	0,54	0,54	5,9	5,7	6,1	6,1	6,6	6,3	3,1	2,9	3,4	3,2
180			0,56		5,5		6,5		6,3		3,1		3,3	
182			0,53		5,6		5,6		6,1		2,4		3,0	
187		V	0,52	0,51	2,6	4,2	3,0	4,7	4,0	5,2	1,4	2,1	1,8	2,6
192			0,50		4,7		5,2		5,7		2,7		2,9	
195			0,51		5,4		6,0		6,0		2,3		3,0	
205		IX	0,48	0,50	5,0	4,4	5,5	4,7	6,0	4,9	3,0	2,0	2,5	2,1
207			0,48		5,4		5,4		5,8		2,1		2,5	
209			0,54		2,3		2,6		2,6		0,5		0,8	
210			0,48		4,8		5,1		5,3		2,2		2,5	
217		XIII	0,47	0,47	4,6	4,2	5,1	4,5	5,6	4,9	2,0	1,8	2,3	1,9
219			0,49		2,0		2,9		2,7		0,8		1,0	
221			0,45		5,4		5,4		6,1		2,0		2,0	
225			0,47		4,7		4,7		5,3		2,2		2,2	
Gesammtmittel für alle Proben					4,60		4,79		5,01		2,34		2,48	

21tägigem Liegen in Wasser.

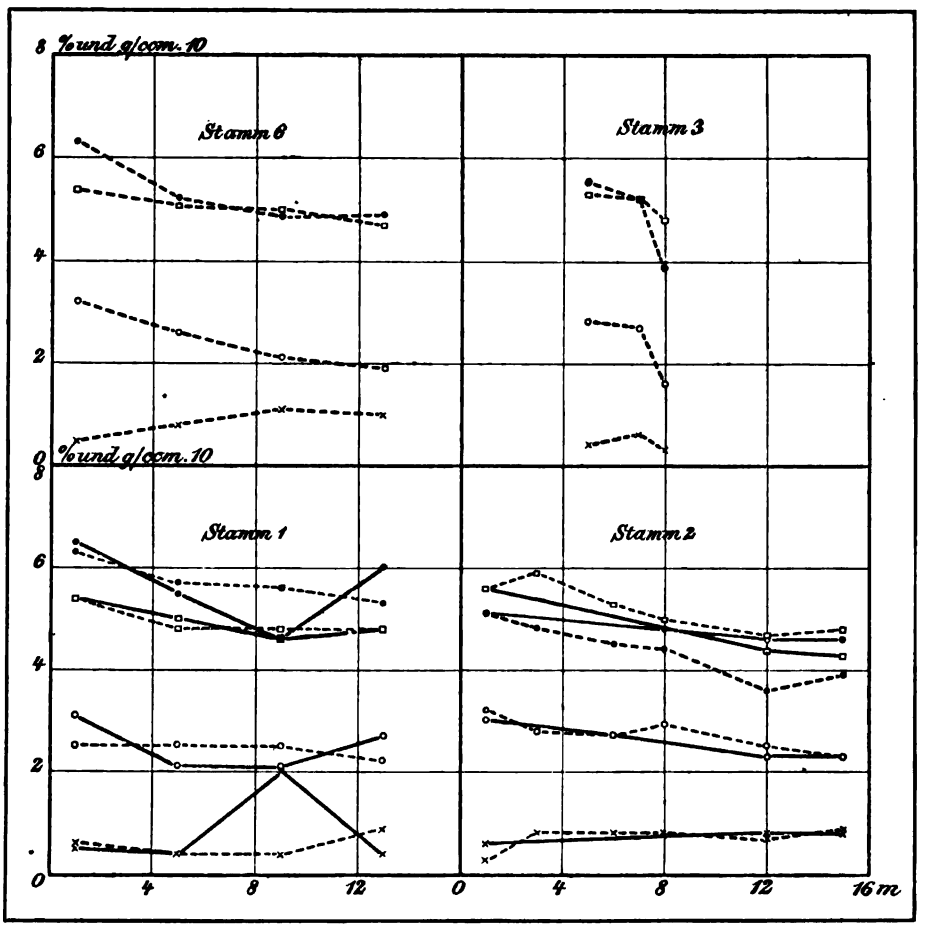
Holz.

% nach Tagen								Zunahme des Körperinhaltes (räumliche Quellung) in % nach Tagen					
fläche		in der Höhe											
21		1		3		21		1		3		21	
im Einzelnen	Mittel	im Einzelnen	Mittel	im Einzelnen	Mittel	im Einzelnen	Mittel	im Einzelnen	Mittel	im Einzelnen	Mittel	im Einzelnen	Mittel
2,8	2,8	0,2	0,2	0,4	0,4	0,4	0,4	9,7	9,7	9,7	9,7	8,9	8,9
2,6 2,8	2,7	0,7 0,2	0,5	0,9 0,2	0,6	0,9 0,2	0,6	8,7 9,3	9,0	8,9 9,1	9,0	8,8 8,5	8,7
1,6	1,6	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	5,4	5,4	5,7	5,7	5,9	5,9
2,7 2,3	2,5	0,0 0,6	0,3	0,2 0,6	0,4	0,4 0,7	0,6	7,8 9,6	8,7	8,8 9,4	9,1	8,8 9,9	9,4
2,2 2,7	2,5	0,0 0,2	0,1	0,0 0,6	0,3	0,2 0,6	0,4	7,7 8,1	7,9	8,3 8,8	8,6	8,4 9,3	8,9
2,2 3,0 2,3	2,5	0,2 0,4 0,4	0,3	0,3 0,6 0,2	0,4	0,3 0,6 0,4	0,4	6,9 9,6 8,5	8,3	7,7 9,6 8,2	8,5	7,6 10,2 8,5	8,8
2,7 2,2 1,8	2,2	0,5 0,4 0,2	0,4	0,8 0,5 0,4	0,6	1,1 0,7 0,9	0,9	8,1 8,5 7,0	7,9	8,3 8,9 7,5	8,2	8,9 8,8 8,0	8,6
2,7 3,6 3,2	3,2	0,0 0,2 0,4	0,2	0,0 0,2 0,5	0,2	−0,2 0,3 0,9	0,3	7,1 8,7 8,4	8,1	7,1 9,0 8,8	8,3	8,1 9,1 9,5	8,9
3,1 3,1 3,0 2,1	2,8	0,3 0,3 0,2 0,2	0,3	0,3 0,3 0,2 0,2	0,3	0,5 0,7 0,6 0,7	0,8	5,9 5,0 7,5 6,2	6,2	7,6 6,5 7,7 6,4	7,1	9,1 9,1 8,8 6,6	8,4
2,2 2,8 2,9 2,8	2,7	0,6 0,0 0,4 0,2	0,3	0,6 0,0 0,6 0,2	0,5	0,8 0,2 1,1 0,4	0,8	6,2 6,1 7,5 6,1	6,5	6,5 7,1 7,6 6,6	7,0	7,1 8,1 8,7 8,3	8,1
2,8 2,8 3,0 2,8	2,9	0,2 0,2 0,5 0,2	0,3	0,2 0,2 0,7 0,2	0,3	0,7 0,9 0,9 0,6	0,8	6,8 7,0 4,4 6,2	6,1	6,8 7,0 8,2 6,2	7,1	8,1 8,4 8,8 7,3	8,2
2,7 2,3	2,5	0,2 0,2	0,2	0,4 0,4	0,4	0,6 0,7	0,7	6,4 5,1	5,8	7,1 5,0	6,1	7,8 6,5	7,2
2,2 2,3	2,3	0,5 0,4	0,5	0,9 0,7	0,8	0,9 0,9	0,9	4,9 6,8	5,9	5,2 7,0	6,1	6,7 7,6	7,2
3,4 3,5 3,0	3,3	0,0 0,0 0,0	0,0	0,2 0,0 0,2	0,1	0,5 0,5 0,6	0,5	8,8 10,2 7,9	9,0	9,7 10,6 9,1	9,8	10,5 11,3 9,8	10,5
2,0 3,1 3,0	2,7	0,2 0,5 0,4	0,4	0,2 0,7 0,7	0,5	0,8 0,9 0,7	0,8	4,3 7,8 8,2	6,8	4,9 9,0 9,8	7,9	7,0 9,8 10,0	8,9
2,5 2,8 1,0 2,7	2,3	0,5 0,7 0,5 0,5	0,6	0,7 0,9 0,7 0,7	0,8	1,4 1,4 0,7 0,7	1,1	8,5 8,5 3,3 8,0	7,1	8,8 9,4 4,0 8,6	7,7	10,3 10,7 4,5 9,2	8,7
2,5 1,3 2,0 2,5	2,1	0,3 0,4 0,3 0,3	0,3	0,5 0,4 0,3 0,5	0,4	0,8 1,1 1,0 1,1	1,0	7,0 3,3 8,1 7,4	6,5	7,8 4,4 8,1 7,6	7,0	8,9 5,1 9,6 9,1	8,2
2,56		0,30		0,43		0,67		7,41		7,82		8,44	

21 Tagen erheblich weniger fortschreitet als die Wasseraufnahme[1]). So beträgt dieser Fortschritt für die mittlere räumliche Quellung nur etwa 13 %, für die Wasseraufnahme dagegen 26 %, beide bezogen auf die Mittelwerthe für 21 Tage.

Um den Einfluß der Höhenlage der Probe im Stamm auf die Größe der Quellung übersichtlich zu gestalten, sind die Mittelwerthe für die Proben aus derselben Scheibe nach Stämmen getrennt in Fig. 50 als Schaulinien verzeichnet, indem die Höhenlagen in Metern

Fig. 50. Quellung bei verschiedener Höhenlage im Stamm.
Zeichenerklärung: Zustand des Holzes: ——— weiß, – – – – – blau.
Quellungsrichtung: • tangential, ○ radial, × Höhe.
□ Raumgewicht lufttrocken.



(zugleich Scheibenzeichen) als Abscissen und die Werthe für die Quellung als Ordinaten aufgetragen wurden. Zur Unterscheidung der Lage der Meßrichtung zum Stamm sind die Beobachtungspunkte für die Wölbfläche durch Punkte, für den Spiegel durch Kreise und für die Stammachse (Höhe) durch Kreuze gekennzeichnet und jede Reihe für sich durch Linien verbunden, die für das weiße Holz voll ausgezogen und für das blaue Holz punktirt wurden.

Aus dem allgemeinen Verlauf der so erhaltenen Linien und aus den Werthen in der letzten Spalte der Tab. 9 und 10 ergiebt sich

[1]) Zu beachten ist hierbei, daß die Schaulinien für Quellung (B—D) und Wasseraufnahme A in verschiedenem Maßstabe aufgetragen sind.

3. daß die lineare Quellung in tangentialer (Wölbfläche) und radialer (Spiegel) Richtung zu den Jahrringen und die räumliche Quellung um so geringer ausfielen, je höher die Proben aus dem Stamm entnommen waren. Die Quellung in der Richtung der Stammachse scheint dagegen am unteren Stammende etwas kleiner zu sein als am oberen.

Am deutlichsten tritt dies Ergebniß an den Stämmen 2 und 6 zu Tage.

Zieht man nun die Größe des mittleren Raumgewichtes im lufttrockenen Zustande[1]) bei den verschiedenen Höhenlagen mit in Betracht (vergl. Fig. 50), so zeigt sich

4. daß das Raumgewicht ebenfalls mit zunehmender Höhenlage der Probe im Stamm abnimmt, **und daß somit eine unmittelbare Beziehung zwischen Raumgewicht und Quellung besteht.**

Tabelle 11. **Bestimmungen des spezifischen Trockengewichtes, ausgeführt in der Hauptstation des forstlichen Versuchswesens zu Eberswalde.**

Stamm Nr.	Scheibe Nr.	Nummer der Probestücke								Spezifisches Trockengewicht	
		1. Hälfte der Scheibe				2. Hälfte der Scheibe				I	II
1	I		36.	35.	39.	28.	27.	32.	30*.	526	534
1	V	42.	50.	46.	54.	49*.	57*.	45.	53*.	465	492
1	IX	61.	69.	70.	62.		73.	65.	66.	434	445
1	XIII	83.	84.	87.	88.	75.	77*.	79.	80.	445	461
2	I	99. 100.	101.	103.	104. 105.	91. 92.	93*.	96*.	96. 95.	524	534
2	III	112.	111.	106.	119.	108. 115.	115*.	117.	116. 109.	506	532
2	VI	130.	123*.	133*.	126.	127.	120.	124.	131.	493	490
2	VIII	137. 136.	135.	141.	140. 139.	145. 144.	143.	146*.	147. 148.	447	473
2	XII	154.	155.	160.	161.	151.	152.	157.	157*.	436	460
2	XV		164.	167.	168.		163.	170*.	170.	435	424
3	V	1*.	2*.	3*.	4*.			7.	5*.	506	523
3	VII		11.	12.	16.		9.	10.	14.	498	511
3	VIII	17.	20.	25*.	19*.		22.	18.	21*.	483	474
6	I	177.	177*.	184.	185.	173.	173*.	181.	182*.	534	507
6	V	196. 195.	195*.	192.	191. 190.	186*.	187.	198.	199.	479	499
6	IX	207.	208.	209*.	211.			202.	205.	486	435
6	XIII	223.	222.	226.	225.	214.	214*.	218.	217.	428	425
A	I	370.	369.	373.	372.	365.	364.	368.	367.	558	531
A	IV	382.	383.	385.	386.		376.	377.	379.	479	499
A	VII	394.	395.	397.	398.	388.	389.	391.	392.	445	471
A	XII		404.	407.	408.		400.	402.	403.	425	421
B	I	418.	417.	421.	420.		411.	414.	415.	536	554
B	IV	424.	423.	427.	426.	430.	429.	433.	432.	512	507
B	VIII	436.	435.	439.	438.	442.	441.	445.	444.	471	480
B	XII	448.	447.	451.	450.	454.	453.	457.	456.	448	453
C	I		464.	467.	468.	459.	460.	462.	463.	531	527
C	IV	471.	470.	474.	473.	477.	476.	480.	479.	520	491
C	VIII	483.	482.	486.	485.	489.	488.	491.	492.	480	476
C	XII			500.	504.	495.	494.	498.	497.	466	448

[1]) Die Werthe für das Raumgewicht, welche hier benutzt sind, wurden in der Versuchsanstalt als Quotient aus dem Rauminhalt und Gewicht der Proben im lufttrockenen Zustande berechnet. Sie stimmen mit den in Tab. 11 aufgeführten Werthen für das „spezif. Trockengewicht" hinreichend überein, welche durch die Hauptstation des forstlichen Versuchswesens zu Eberswalde ermittelt sind.

Tabelle 11 (Fortsetzung).

Stamm Nr.	Scheibe Nr.	Nummer der Probestücke										Spezifisches Trockengewicht	
		1. Hälfte der Scheibe					2. Hälfte der Scheibe					I	II
D	I	229.	228.	233.	233.		237.	236.	235.	240.	239.	568	577
D	IV	242.	243.	244.	246.	247.	250.	249.	252.	253.		513	537
D	VIII	255.	256.	258.	259.		262.	261.	265.	264.		496	484
D	XII			267.	269.				271.	273.		499	492
E	I	282.	283.	284.	286.	287.	276.	275.	280.	279.		551	527
E	IV	289.	290.	292.	293.		296.	295.	299.	298.		527	473
E	VIII	301.	302.	304.	305.		308.	307.	311.	310.		468	467
E	XII			318.	320.			313.	314.	316.		451	448
F	I	330.	323.	332.	327.		329.	321.	325.	331.		622	590
F	IV		339.	338.	342.			334.	337.	336.		579	562
F	VIII	346.	345.	348.	347.			350.	354.	353.		514	516
F	XII			356.	358.				360.	361.		476	533
G	I		509.	510.	518.		505.	506.	514.	515.		487	518
G	IV			532.	531.			523.	528.	529.		485	505
G	VIII		536.	537.	542.			534.	535.	540.		469	454
G	XII	547.	548.	554.	555.		545.	546.	551.	552.		433	440
H	I	562.	563.	565.	566.		557.	558.	565.	566.		504	534
H	IV	576.	577.	582.	583.		573.	574.	580.	581.		460	513
H	VIII	589.	590.	597.	598.		586.	587.	594.	595.		467	492
H	XII	604.	605.	611.	612.		601.	602.	608.	609.		495	484
J	I	619.	620.	629.	630.		615.	616.	625.	626.		566	560
J	IV		638.	639.	647.		634.	635.	642.	643.		520	535
J	VIII	654.	655.	663.	664.		650.	651.	658.	659.		440	453
J	XII	670.	671.	678.	679.		666.	667.	674.	675.		416	448
K	I			695.	686.				683.	690.		552	509
K	II	699.	700.	705.	706.		697.	698.	702.	703.		513	502
K	III			712.	720.			707.	708.	716.		487	481
K	XII		725.	726.	731.				723.	729.		453	430
L	I			741.	750.				734.	745.		562	530
L	IV			760.	770.				752.	762.		494	474
L	VIII			785.	786.				772.	774.		503	475
L	XII			792.	799.		788.	789.	794.	795.		466	435
M	I		805.	807.	813.				803.	811.		621	(485)
M	IV			824.	831.				819.	828.		(439)	492
M	VIII		838.	839.	840.			833.	834.	837.		460	457
M	XII		844.	850.	851.				842.	847.		455	441

Bemerkung: „Bei den Stämmen K—M waren die Proben nur sehr klein, weshalb die unvermeidlichen Fehlerquellen anscheinend einen verhältnißmäßig großen Einfluß auf das spezifische Gewicht, namentlich bei einigen Proben des Stammes M ausübten."

Eine Erklärung hierfür ist in Folgendem gegeben. Je größer das Raumgewicht, desto dichter ist das Holz, sei es in Folge engerer Anordnung der Holzzellen oder stärkerer Ausbildung der Zellwände oder in Folge größerer Ablagerung der von dem Saft mitgeführten Inkrusten. Unter dem Zutritt des Wassers quellen die Zellwände wieder auf, nachdem sie vorher beim Austrocknen des Holzes bis zum Zustand der Lufttrockenheit geschwunden waren. Sind sie nun, wie beim leichteren Holz lockerer gelagert, so finden sie im Inneren der Probe mehr Raum sich auszudehnen, und ihre eigene Ausdehnung wird daher weniger auf eine Vergrößerung des gesammten Rauminhaltes der Probe hinwirken, als beim dichteren Holz mit größerem Lufttrockengewicht.

Hiermit iſt nun zugleich auch erklärt, daß das im Stamm höher gelegene leichtere Holz, wie oben unter a, 5 dargethan iſt, ein größeres Waſſeraufnahmevermögen beſitzt als das ſchwerere Holz aus dem unteren Stammende. Vielleicht iſt hierin auch die oben erwähnte auffallende Erſcheinung begründet, daß die Proben aus derſelben Scheibe zum Theil recht erhebliche Unterſchiede im Waſſeraufnahmevermögen zeigen. Ordnet man nämlich wie es in Tab. 12 geſchehen iſt, die Proben bei dieſen Scheiben nach ſteigendem Raumgewicht im lufttrockenen Zuſtande, ſo zeigt ſich bei allen Scheiben, ausgenommen 2 I, daß nicht nur immer das leichteſte Holz die größte Waſſeraufnahme lieferte, ſondern es tritt auch deutlich das Geſetz hervor, daß die Waſſeraufnahme ſelbſt in einer und derſelben Scheibe (Höhenlage) mit ſteigendem Raumgewicht abnimmt.

Tabelle 12. **Beziehung zwiſchen Waſſeraufnahme und Raumgewicht bei Proben aus derſelben Scheibe.**

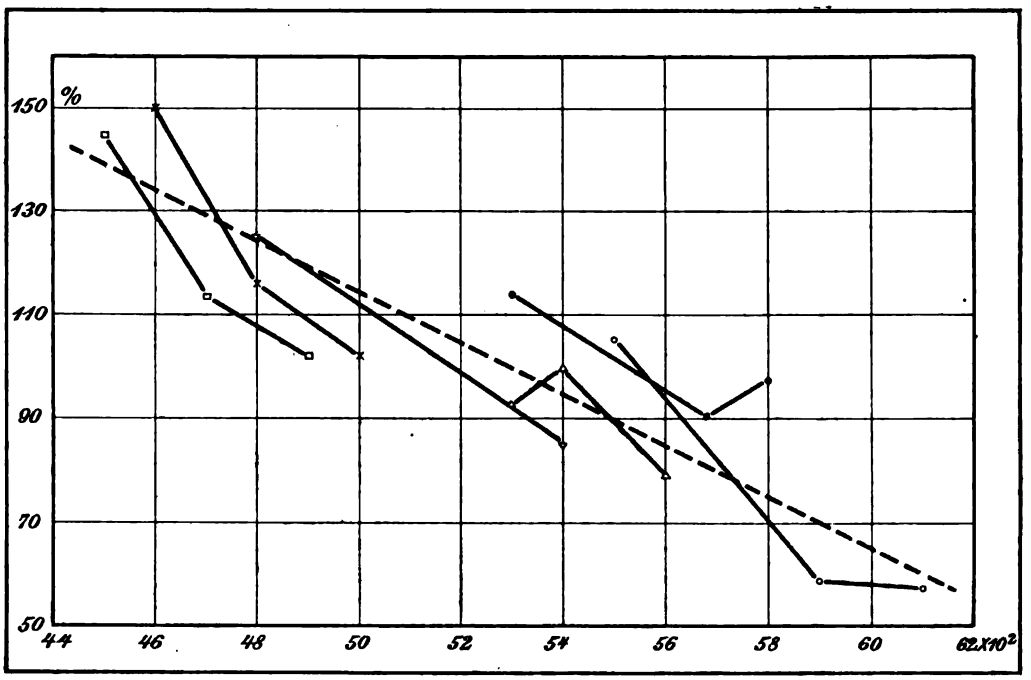
Nr. der Probe	Entnommen aus: Stamm Nr.	Entnommen aus: Scheibe Nr.	Raumgewicht im lufttrockenen Zuſtande	Waſſeraufnahme in % nach 21tägiger Tränkung	Zeichen bei Darſtellung der Schaulinien Fig. 51
78	1	XIII	0,46	150,0	×
89			0,48	115,7	
80			0,50	100,2	
115	2	III	0,55	105,1	○
106			0,59	58,7	
107			0,61	52,7 } 57,9	
110			0,61	63,1 }	
95		I	0,53	114,0	•
100			0,57	90,3	
104			0,58	97,6	
182	6	I	0,53	92,4	△
175			0,54	100,0	
180			0,56	79,2	
205		IX	0,48	111,0 } 125,0	▽
207			0,48	131,7 }	
210			0,48	132,3 }	
209			0,54	84,6	
221		XIII	0,45	145,8	□
225			0,47	115,9 } 113,7	
217			0,47	111,5 }	
219			0,49	102,0	

Stellt man nun weiter die Beziehungen zwiſchen Raumgewicht und Waſſeraufnahme, wie ſie ſich aus Tab. 12 ergeben, zeichneriſch dar (ſ. Fig. 51), indem man die Raumgewichte als Abſciſſen und die zugehörigen Prozentzahlen für die Waſſeraufnahme als Ordinaten aufträgt, ſo kann man wohl mit Recht die Ausgleichung durch eine Gerade vornehmen. Hiernach kann man alſo die Waſſeraufnahme für Splintholz ſelbſt aus verſchiedenen Stämmen als dem Raumgewicht im lufttrockenen Zuſtande umgekehrt proportional anſehen. Dies dürfte aber umſomehr zutreffen, als ſogar die einzelnen Schaulinien, welche man durch geradlinige Verbindung der für dieſelbe Scheibe geltenden Werthe erhält, ſich der geraden Ausgleichslinie in befriedigender Weiſe anſchließen.

c. Beziehungen zwischen dem Schwinden beim Trocknen des grünen Holzes und dem Quellen durch Wasseraufnahme.

Ueber den Verlauf des Schwindens von Kiefernholz beim Trocknen sind in der Versuchsanstalt gelegentlich einer früheren Untersuchung von drei Stämmen[1]) eingehende Beobachtungen angestellt, welche für alle drei Stämme so gut übereinstimmen, daß die aus ihnen abgeleiteten Schlußfolgerungen als für Kiefernholz allgemein gültig angesehen und demnach auch auf das bei der vorliegenden Untersuchung benutzte Material angewendet werden können.

Fig. 51. Wasseraufnahme in Prozenten des Lufttrockengewichtes bei verschiedenem Raumgewicht.
Die einzelnen Linien gehören verschiedenen Scheiben an (s. Tab. 12).



Aus jenen Untersuchungen ergab sich:

1. daß sowohl beim Splint- als auch beim Kernholz die Schwindung tangential zu den Jahrringen (Wölbfläche) durchweg größer ist als radial zu denselben (Spiegel).

Vergleicht man hiermit das oben unter b, 2 aufgeführte Ergebniß, so zeigt sich zunächst, wie es nicht anders zu erwarten war, daß das Holz in der Richtung, in der es beim Trocknen am meisten schwindet, später beim Naßwerden auch wieder am meisten quillt.

Die Schwindung betrug (Mittel für je 8 Proben) bei den drei Stämmen mit einem mittleren Feuchtigkeitsgehalt von 83% im grünen Zustande in der Wölbfläche 3,3—3,9 und 3,8 im Mittel 3,7% und im Spiegel 2,1—2,4 und 2,6% im Mittel 2,4%. Bei den vorliegenden Untersuchungen ist die Quellung an dem weißen Holz mit einer mittleren Wasseraufnahme von 117% zu 5,3% in der Wölbfläche und zu 2,5% im Spiegel gefunden. Die

[1]) Rudeloff. „Bericht über die im Auftrage des Herrn Ministers für Landwirthschaft, Domänen und Forsten ausgeführten Holzuntersuchungen." „Mittheilungen" 1889. Ergänzungsheft III S. 16.

Schwindung und Quellung in dem Spiegel stimmen also nahezu überein, dagegen ist die Quellung in der Wölbfläche bei den neueren Versuchen erheblich größer gefunden als die Schwindung bei den älteren. —

Ueber den Verlauf der Schwindung und deren Beziehung zur Feuchtigkeitsabnahme ergiebt sich aus dem früheren Bericht,

2. daß die Verdunstung hauptsächlich in der ersten Zeit stattfand und innerhalb 14 Tagen im Mittel über 50% betrug, daß aber trotzdem in dieser Zeit keine nennenswerthe Schwindung eintrat.

Erklärt wurde diese anfänglich geringe Schwindung des Splintholzes trotz erheblichen Wasserverlustes wie folgt. Der Wassergehalt des Holzes besteht aus dem im Zelllumen enthaltenen Wasser und aus dem Imbibitionswasser in der Zellwand. Das Schwinden des Holzes ist aber eine Folge der Verdunstung des letzteren. Mit Beginn des Trocknens des Holzes geben nun zwar die Zellwände ihr Imbibitionswasser nach außen ab, nehmen aber neues Wasser aus dem Lumen wieder auf. Sie beginnen daher erst dann auszutrocknen, wenn das Lumen nicht mehr genügend Feuchtigkeit zur Sättignng der Zellwände abzugeben vermag, und hiermit zugleich tritt die Schwindung des Holzes ein. Nun ist die Menge des im Lumen enthaltenen Wassers erheblich größer als die Menge des Imbibitionswassers, und daher kann beim Trocknen des Holzes anfänglich eine starke Verdunstung ohne Schwindung stattfinden.

Im Gegensatz zum Schwinden fand nun das Quellen des trocknen Holzes gleichlaufend mit der Wasseraufnahme hauptsächlich zu Anfang der Tränkung statt und schritt dann später jedenfalls nicht mehr in dem gleichen Maße fort wie die Wasseraufnahme.

Die Ursache zu dieser Erscheinung liegt wieder in dem Verhalten der Zellwände. Beim Trocknen hielten sie die Feuchtigkeit fest, so daß anfänglich keine Schwindung stattfinden konnte, und beim Wiederhinzutritt von Wasser nahmen sie dieses begierig auf, wobei sie selbst aufquollen und zwar sofort bis zur Grenze ihrer Quellungsfähigkeit. Sobald diese Grenze erreicht war, wurde Wasser auch in das Lumen der Zellen übergeführt, so daß die Wasseraufnahme der Probe auch trotz beendeten Quellens noch weiter wachsen konnte. Es geschah dies nur langsam, so daß es auch nach 21 Tagen noch nicht beendet war, weil hierbei die Luft aus dem Lumen verdrängt werden mußte.

Wie schon oben gesagt, beziehen sich die hier in Vergleich gestellten Beobachtungen für das Schwinden und Quellen auf verschiedenes Versuchsmaterial. Von großem Interesse würde es sein, beide Eigenschaften an denselben Stücken festgestellt zu haben und zwar sowohl für Holz aus der Frühjahrs- als auch für solches aus der Herbstfällung. Mit Rücksicht darauf, daß auch an lebenden Bäumen im Innern des Stammes Schwindrisse wahrzunehmen sind, erscheint es nicht ausgeschlossen, daß Proben aus saftarm gefälltem Holz durch Quellen thatsächlich bis über die ursprünglichen Abmessungen im grünen, aber saftarmen Zustande hinausgebracht werden können, wodurch erklärt wäre, daß nach obigem Vergleich die Werthe für das Schwinden und Quellen in Richtung der Wölbfläche nicht übereinstimmen.

d. Ergebnisse der Prüfung auf Druckfestigkeit.

Die Ergebnisse der Druckversuche sind in Tab. 13 nochmals für sich zusammengestellt. Die Tabelle umfaßt neben den Angaben über den Ursprung des Holzes aus Stamm und Scheibe, über den Zustand des Holzes, ob weiß oder blau, ob trocken oder naß, die Raumgewichte, prozentuelle Wasseraufnahme und spezif. Druckfestigkeiten der einzelnen Proben. Die

Tabelle 13. Ergebnisse der Prüfung auf Druckfestigkeit.

Nr. der Probe	Entnommen aus: Stamm Nr.	Scheibe Nr.	Zustand des Holzes	Zustand bei der Prüfung	Raumgewicht im lufttrockenen Zustande kg	Wasseraufnahme bis zur Prüfung, in % des Trockengewichts	Druckfestigkeit kg/qcm: Einzelwerthe	im Mittel für den gleichen Zustand	Verhältniß (in %) zwischen den Druckfestigkeiten für folg. Zustände: lufttrocken, weiß = 100 zu: lufttrocken, blau	naß, weiß	lufttrocken, blau = 100 zu naß, blau	naß, weiß = 100 zu naß, blau
1	3	V	weiß	lufttrocken	0,55	—	492	**492**	110	44	43	106
4			blau		0,53	—	542	**540**				
5					0,53	—	556					
8					0,55	—	522					
3			weiß	naß	0,53	71,9	218	**218**				
2			blau		0,53	83,4	232	**232**				
9		VII	weiß	lufttrocken	0,51	—	472	**472**	98	35	41	116
10			blau		0,51	—	418	**468**				
12					0,50	—	508					
15					0,53	—	463					
13			weiß	naß	0,53	87,4	163	**168**				
14			blau		0,53	88,7	155	**190**				
16					0,51	92,2	224					
23		VIII	weiß	lufttrocken	0,48	—	450	**450**	97	50	51	99
25			blau		0,50	—	500	**487**				
17					0,48	—	396					
19					0,51	—	449					
24					0,48	—	403					
20			weiß	naß	0,48	91,6	223	**223**				
21			blau		0,48	81,2	221	**221**				
28	1	I	blau	lufttrocken	0,55	—	499	**494**	—	—	40	90
34					0,57	—	476					
40					0,55	—	457					
29					0,54	—	505					
31					0,55	—	531					
37					0,56	—	529					
39					0,55	—	459					
32			weiß	naß	0,54	88,3	222	**222**				
26			blau		0,55	87,6	224	**199**				
33					0,55	85,7	174					
50		V	weiß	lufttrocken	0,49	—	440	**452**	106	48	44	99
55					0,49	—	463					
42			blau		0,47	—	475	**481**				
43					0,48	—	464					
48					0,52	—	496					
49					0,51	—	478					
53					0,49	—	474					
56					0,50	—	502					
46			weiß	naß	0,49	89,7	217	**216**				
47					0,50	88,4	221					
54					0,50	112,1	211					
51			blau		0,48	104,5	212	**213**				
52					0,48	105,3	213					

Nr. der Probe	Entnommen aus: Stamm Nr.	Entnommen aus: Scheibe Nr.	Zustand des Holzes	Zustand bei der Prüfung	Raumgewicht im lufttrockenen Zustande kg	Wasseraufnahme bis zur Prüfung, in % des Trockengewichts	Druckfestigkeit kg/qcm: Einzelwerthe	Druckfestigkeit kg/qcm: im Mittel für den gleichen Zustand	Verhältniß (in %) zwischen den Druckfestigkeiten für folg. Zustände: lufttrocken, weiß = 100 zu: lufttrocken, blau	lufttrocken, weiß = 100 zu: naß, weiß	lufttrocken, blau = 100 zu naß, blau	naß, weiß = 100 zu naß, blau
66	1	IX	weiß	lufttrocken	0,48	—	432	424	105	46	46	105
69					0,47	—	422					
70					0,45	—	419					
62			blau		0,46	—	462	447				
59					0,50	—	495					
61					0,47	—	403					
63					0,49	—	461					
65					0,48	—	412					
67			weiß	naß	0,45	128,1	193	196				
71					0,46	141,7	199					
60			blau		0,47	103,3	218	206				
64					0,49	98,8	187					
68					0,48	117,7	212					
79		XIII	weiß	lufttrocken	0,47	—	416	421	100	51	54	106
83					0,45	—	411					
86					0,46	—	437					
74			blau		0,46	—	412	422				
76					0,51	—	440					
81					0,48	—	412					
85					0,47	—	402					
88					0,48	—	446					
82			weiß	naß	0,50	136,4	228	216				
87					0,45	163,8	203					
78			blau		0,46	150,0	230	229				
80					0,50	100,2	224					
89					0,48	115,7	224					
94	2	I	weiß	lufttrocken	0,56	—	536	531	103	47	46	100
97					0,59	—	514					
101					0,53	—	542					
92			blau		0,56	—	478	549				
98					0,63	—	601					
99					0,53	—	515					
102					0,61	—	596					
103					0,52	—	556					
90			weiß	naß	0,57	92,6	259	251				
93					0,55	124,1	244					
96					0,55	111,1	257					
105					0,56	111,5	243					
95			blau		0,53	114,0	255	250				
104					0,58	97,6	248					
100					0,57	90,3	246					
112		III	blau	lufttrocken	0,54	—	496	506	—	—	50	—
113					0,53	—	522					
114					0,55	—	448					
117					0,54	—	453					
108					0,58	—	580					
118					0,52	—	512					
119					0,53	—	518					
106			blau	naß	0,59	58,7	242	251				
115					0,55	105,1	254					
107					0,61	52,7	248					
110					0,61	63,1	259					

Nr. der Probe	Entnommen aus: Stamm Nr.	Entnommen aus: Scheibe Nr.	Zustand des Holzes	Zustand bei der Prüfung	Raumgewicht im lufttrockenen Zustande kg	Wasseraufnahme bis zur Prüfung, in % des Trockengewichts	Druckfestigkeit kg/qcm: Einzelwerthe	Druckfestigkeit kg/qcm: im Mittel für den gleichen Zustand	Verhältniß (in %) zwischen den Druckfestigkeiten für folg. Zustände: lufttrocken, weiß = 100 zu: lufttrocken, blau	lufttrocken, weiß = 100 zu: naß, weiß	lufttrocken, blau = 100 zu naß, blau	naß, weiß = 100 zu naß blau
130	2	VI	blau	lufttrocken	0,54	—	523	488	—	—	51	—
131					0,49	—	490					
132					0,56	—	472					
120					0,53	—	467					
122					0,54	—	472					
124					0,51	—	475					
126					0,52	—	515					
129			blau	naß	0,53	75,0	247	251				
121					0,52	83,4	264					
123					0,52	74,6	232					
127					0,54	82,2	260					
134		VIII	blau	lufttrocken	0,52	—	491	450	—	—	54	—
136					0,46	—	431					
147					0,58	—	460					
135					0,48	—	404					
138					0,46	—	464					
140					0,47	—	454					
142					0,55	—	439					
146					0,52	—	455					
141			blau	naß	0,50	128,8	245	245				
148					0,51	95,7	247					
137					0,48	111,1	241					
145					0,49	101,5	247					
155		XII	weiß	lufttrocken	0,44	—	447	428	102	47	51	110
156					0,44	—	409					
153			blau		0,48	—	421	437				
157					0,50	—	429					
158					0,54	—	459					
154					0,49	—	439					
152			weiß	naß	0,45	137,0	202	201				
159					0,43	167,1	199					
161			blau		0,46	139,6	230	221				
160					0,47	132,6	211					
164		XV	weiß	lufttrocken	0,48	—	426	426	98	46	53	111
170					0,45	—	425					
166			blau		0,46	—	430	416				
168					0,46	—	424					
163					0,49	—	395					
171			weiß	naß	0,43	167,6	197	197				
169			blau		0,48	145,9	210	219				
162					0,47	130,0	228					
181	6	I	weiß	lufttrocken	0,56	—	542	542	97	—	45	—
173			blau		0,55	—	520	524				
178					0,56	—	605					
179					0,56	—	516					
184					0,55	—	480					
172					0,57	—	(500)					
174					0,54	—	499					
175			blau	naß	0,54	100,0	238	233				
182					0,53	92,4	216					
180					0,56	79,2	244					

Nr. der Probe	Entnommen aus: Stamm Nr.	Entnommen aus: Scheibe Nr.	Zustand des Holzes	Zustand bei der Prüfung	Raumgewicht im lufttrockenen Zustande kg	Wasseraufnahme bis zur Prüfung, in % des Trockengewichts	Druckfestigkeit kg/qcm: Einzelwerthe	Druckfestigkeit kg/qcm: im Mittel für den gleichen Zustand	Verhältniß (in %) zwischen den Druckfestigkeiten für folg. Zustände: lufttrocken, weiß = 100 zu: lufttrocken, blau	lufttrocken, weiß = 100 zu: naß, weiß	lufttrocken, blau = 100 zu naß, blau	naß, weiß = 100 zu naß, blau
189	6	V	weiß	lufttrocken	0,50	—	413	440	111	48	48	112
199					0,52	—	469					
194			blau		0,48	—	452	490				
186					0,53	—	458					
191					0,51	—	501					
193					0,52	—	500					
196					0,52	—	(390)					
200					0,54	—	538					
201			weiß	naß	0,49	108,8	211	211				
187			blau		0,52	80,3	250	236				
192					0,50	93,4	229					
195					0,51	79,0	229					
203		IX	blau	lufttrocken	0,46	—	423	431	—	—	54	—
204					0,46	—	434					
206					0,49	—	482					
208					0,52	—	418					
211					0,51	—	398					
205			blau	naß	0,48	111,0	225	234				
209					0,54	84,7	276					
207					0,48	131,8	215					
210					0,48	132,3	220					
213		XIII	blau	lufttrocken	0,47	—	445	419	—	—	50	—
215					0,51	—	379					
218					0,46	—	395					
222					0,47	—	435					
224					0,48	—	429					
226					0,45	—	428					
217			blau	naß	0,47	111,6	210	211				
219					0,49	102,1	231					
221					0,45	145,8	202					
225					0,47	116,0	199					

Festigkeiten sind außerdem für die Proben gleichen Zustandes zu Mittelwerthen zusammengefaßt. Zu den letzteren möge hier im Voraus bemerkt sein, daß sie nicht immer den gleichen Grad der Zuverlässigkeit besitzen, weil die Zahl der zum Mittel zusammengefaßten Einzelwerthe verschieden groß ist.

Aus den Mittelwerthen sind schließlich Verhältnißzahlen gebildet, die der Reihe nach das Verhältniß der Festigkeiten für folgende Zustände erkennen lassen:

1. weiß lufttrocken zu blau lufttrocken,
2. weiß lufttrocken zu weiß naß,
3. blau lufttrocken zu blau naß und
4. weiß naß zu blau naß.

Hierbei sind immer die Werthe für die zuerst genannten Zustände gleich 100 gesetzt.

Die Werthe zu 1 und 4, d. h. für das Verhältniß der Festigkeiten des weißen Holzes zu denjenigen des blauen Holzes liegen nahe um 100 herum; die Gesammtmittel betragen für den lufttrockenen Zustand 103% und für den naßen Zustand 106%.

Hieraus folgt, daß

1. die Druckfestigkeit des Splintholzes bei den untersuchten Stämmen durch das Blauwerden nicht gelitten hat, sondern eher noch um weniges gesteigert wurde. Und zwar gilt dies sowohl für den lufttrockenen als auch für den nahezu wassersatten Zustand.

Die Werthe zu den Reihen 2 und 3, d. h. für das Verhältniß der Festigkeiten des lufttrockenen Holzes zu denen des nahezu wassersatten Materials, liefern für das weiße Holz 41 % und für das blaue Holz 48 % als Gesammtmittel. Dies besagt, daß

2. die Druckfestigkeit des Splintholzes durch die Wasserträukung um mehr als 50 % gegenüber der Festigkeit des lufttrockenen Holzes abgenommen hat; und zwar scheint der Einfluß der Feuchtigkeit bei dem weißen Holz um etwas größer zu sein als bei dem blauen.

Bei den früheren, schon im vorigen Abschnitt erwähnten Untersuchungen von drei Kiefernstämmen waren für die Druckfestigkeit folgende Mittelwerthe gefunden worden:

im grünen Zustande 257 kg/qcm
im halbtrockenen „ 355 „ und
im lufttrockenen „ 547 „

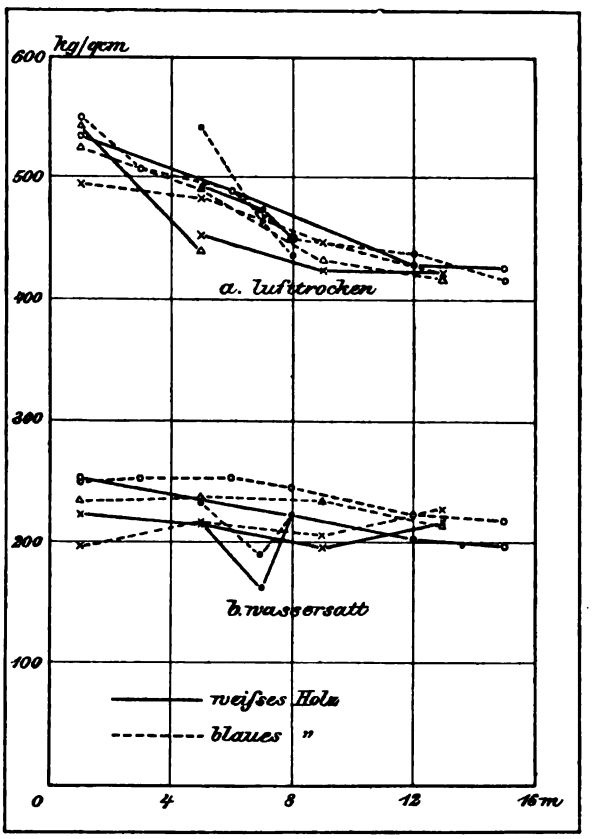
Diese Werthe verhalten sich wie 45 : 62 : 100. Das Verhältniß zwischen den Festigkeiten des grünen und lufttrockenen Holzes war also bei jenen Untersuchungen annähernd das gleiche wie das Verhältniß zwischen den Festigkeiten des nahezu wassersatten zum lufttrockenen Holz bei den jetzigen Untersuchungen. Soweit der Vergleich mit Rücksicht auf den verschiedenen Ursprung des Materials zulässig ist, scheint also die durch Tränkung aufgenommene Feuchtigkeit die Festigkeit des Holzes in gleichem Grade zu beeinträchtigen wie der Saftgehalt beim grünen Holz.

Tabelle 14. **Mittlere Druckfestigkeit bei verschiedener Höhenlage im Stamm.**

Stamm Nr.	Material		Druckfestigkeit in kg/qcm, bei den folgenden Höhenlagen in m (zugleich Scheibenzeichen)									
	Feuchtigkeits-Zustand	Aussehen	I	III	V	VI	VII	VIII	IX	XII	XIII	XV
3	lufttrocken	weiß	—	—	492	—	472	450	—	—	—	—
		blau	—	—	540	—	463	437	—	—	—	—
	wassersatt	weiß	—	—	218	—	163	223	—	—	—	—
		blau	—	—	232	—	190	221	—	—	—	—
1	lufttrocken	weiß	—	—	452	—	—	—	424	—	421	—
		blau	494	—	481	—	—	—	447	—	422	—
	wassersatt	weiß	222	—	216	—	—	—	196	—	216	—
		blau	199	—	213	—	—	—	206	—	229	—
2	lufttrocken	weiß	531	—	—	—	—	—	—	428	—	426
		blau	549	506	—	488	—	450	—	437	—	416
	wassersatt	weiß	251	—	—	—	—	—	—	201	—	197
		blau	250	251	—	251	—	245	—	221	—	219
6	lufttrocken	weiß	542	—	440	—	—	—	—	—	—	—
		blau	524	—	490	—	—	—	431	—	419	—
	wassersatt	weiß	—	—	211	—	—	—	—	—	—	—
		blau	233	—	236	—	—	—	234	—	211	—

Um den Einfluß der Höhenlage im Stamm auf die Druckfestigkeit übersichtlicher zu gestalten, sind die Mittelwerthe für die Druckfestigkeiten aus Tab. 13 nach Höhenlagen geordnet und nach dem Zustande des Holzes getrennt in Tab. 14 nochmals zusammengestellt. Aus dieser Zusammenstellung und besonders aus dem Verlauf der hiernach verzeichneten Schaulinien Fig. 52 ist ersichtlich, daß die Festigkeit des trockenen Holzes mit wachsender Höhenlage der Probe im Stamm abnimmt, daß aber dieser Einfluß der Höhenlage bei den im wassersatten Zustande geprüften Stücken nicht zu erkennen ist.

Fig. 52. Druckfestigkeit bei verschiedener Höhenlage im Stamm.



e. Zusammenfassung der Ergebnisse.

Die im Vorstehenden erörterten Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen.

1. Beim Tränken lufttrockenen Kiefernsplintholzes findet die Wasseraufnahme und Quellung hauptsächlich innerhalb der ersten 24 Stunden statt. Bei weiterer 20tägiger Wasserlagerung ist die Zunahme der Quellung verhältnißmäßig gering gegenüber der vermehrten Wasseraufnahme.
2. Der Betrag des Quellens ist in Uebereinstimmung mit dem Schwinden tangential zu den Jahrringen (Wölbfläche) erheblich größer als radial zu denselben (Spiegel), und in der Richtung der Stammachse findet ebenfalls, wenn auch nur geringe Quellung statt.
3. Mit abnehmendem Raumgewicht des Holzes nimmt dessen Quellungsvermögen trotz größerer Wasseraufnahmefähigkeit ab, weil die Zellwände im Innern der Probe mehr Raum zur Ausdehnung finden als bei dichterem, schwererem Holz.
4. Mit wachsender Höhenlage des Holzes im Stamm nehmen dessen Quellungsvermögen, Raumgewicht im lufttrockenen Zustande und Druckfestigkeit im lufttrockenen Zustande ab, die Wasseraufnahmefähigkeit zu. Die Druckfestigkeit des nahezu wassersatten Holzes wird durch dessen Höhenlage im Stamm nicht merklich beeinflußt.
5. Blaues Splintholz scheint eine geringere Wasseraufnahmefähigkeit und eine um weniges größere Druckfestigkeit zu besitzen als weißes Splintholz. Das Quellungsvermögen scheint durch das Blauwerden nicht beeinflußt zu sein.

6. Die Druckfestigkeit des nahezu wassersatten Splintholzes beträgt nur etwa 40—50% des lufttrockenen Holzes, und zwar nimmt die Festigkeit durch die Wasserträukung beim weißen Holz etwas mehr ab als beim blauen.

f. Schlußbemerkungen.

Nach den Ergebnissen der im Vorstehenden besprochenen Untersuchungen hat das Splintholz der untersuchten Stämme im blauen Zustande sowohl lufttrocken als auch nahezu wassersatt mindestens die gleiche Druckfestigkeit ergeben als im weißen Zustande.

Bevor dies Ergebniß bezüglich des Einflusses des Blauwerdens auf die Festigkeitseigenschaften des Kiefernholzes und zwar zunächst auch nur auf dessen Druckfestigkeit verallgemeinert werden kann, bleibt abzuwarten, ob es durch die eingeleitete Untersuchung des Materials aus den frisch gefällten Stämmen bestätigt wird. Es erscheint nämlich nicht ausgeschlossen, daß das gesammte Splintholz der untersuchten Stämme, auch ohne daß es blaue Farbe angenommen hat, durch das lange Liegen im Walde gelitten hat, so daß auch die weißen Proben nicht mehr die Festigkeit des gesunden Holzes besaßen.

Aber angenommen, die weiteren Untersuchungen liefern die Bestätigung der hier vorliegenden Ergebnisse, so bleibt mit Rücksicht auf den allgemein herrschenden Gebrauch, blaues Holz dem weißen gegenüber als minderwerthig anzusehen, zu erwägen, ob es nicht andere bei der Verwendung des Holzes anzusprechende Eigenschaften des Holzes sind, die durch dessen Blauwerden derart leiden, daß das blaue Holz thatsächlich dem weißen gegenüber minderwerthig ist.

In erster Linie dürfte hierbei die Widerstandsfähigkeit gegen Faulen in Frage kommen. Dieselbe ist beim Splintholz schon an und für sich gering, so daß z. B. für Pfähle Holz mit schmalem Splint vor solchem mit breiter Splintzone ohnehin den Vorzug verdient. Dies wird aber noch mehr der Fall sein, wenn das Splintholz schon vor der Verarbeitung durch Blauwerden noch eine stärkere Neigung zum Faulen annimmt.

Ferner werden bei der praktischen Verwendung von Holz neben der Druck- beziehentlich Knickfestigkeit vornehmlich dessen Biegungselastizität und auch wohl Spaltbarkeit in Anspruch genommen. Ob die Ergebnisse der Druckversuche auch auf die Größe dieser Eigenschaften einen sicheren Schluß zulassen, steht nicht fest.

Um hierüber ein Urtheil gewinnen zu können mußte zunächst ergründet werden, welchem Umstande es zuzuschreiben ist, daß die Druckfestigkeit des Holzes trotz des Blauwerdens und der Veränderung der Substanz, die hiermit in irgend einer Weise verbunden sein muß, nicht gelitten hat. Hierzu war aber in erster Linie erforderlich das Wesen des Blauwerdens selbst zu kennen. —

Einschlägige Litteratur stand mir nicht zur Verfügung. Ich veranlaßte daher die mikroskopische Untersuchung des blauen Holzes in der Versuchsanstalt, sowie die Anfertigung einiger mikrophotographischer Aufnahmen in 105facher linearer Vergrößerung (s. Fig. 53 bis 55).[1]) Von ihnen stellt dar:

Fig. 53 einen Radialschnitt,
„ 54 einen Tangentialschnitt und
„ 55 einen Querschnitt.

[1]) Die Präparate und Aufnahmen sind durch den Assistenten der Abtheilung für Papierprüfung Herrn Dalén angefertigt.

Aus allen drei Lichtbildern erkennt man, daß das blaue Holz von zahlreichen fadenartigen Pilzen durchzogen iſt.

Sie treten in dem weitzelligen Frühjahrsholz ſehr zahlreich auf, während ſie in dem engzelligen Herbſtholz nicht angetroffen wurden.[1])

THE NEW YORK PUBLIC LIBRARY
ASTOR, LENOX AND TILDEN FOUNDATIONS

Fig. 53.

Aus Fig. 53 ergiebt ſich, daß ſie hauptſächlich längs der Zellen in deren Lumen fortwachſen. Sie ſchreiten indeſſen auch quer zu dieſer Hauptrichtung fort und folgen hierbei vornehmlich den Markſtrahlen (Fig. 53), theils gehen ſie quer durch die Zellwände der Tracheïden. Ob ſie im letzteren Falle ihren Weg auch durch die volle Zellwand oder nur durch die Schließhaut der Hoftipfel nehmen, konnte nicht erkannt werden. Um dies feſtzuſtellen, würden eingehendere Unterſuchungen erforderlich ſein, wozu es an Zeit fehlte. Jedenfalls laſſen aber die kurzen Linien Fig. 53, welche an den Tipfeln enden, erkennen, daß die Pilze dieſe Stellen mit benutzen, um von einer Tracheïde in die andere zu gelangen. Ferner zeigt Fig. 55 an der Lage der ſchwarzen Punkte (Schnitt durch den Pilz) deutlich, daß der Pilz eng an die Zellwand ſich anlehnt und niemals mitten im Lumen ſteht. —

In der Zeit zwiſchen der Erſtattung dieſes Berichtes und ſeiner Drucklegung habe ich Gelegenheit gehabt, mit Herrn Forſtmeiſter Profeſſor Dr. Schwappach zu Eberswalde und Herrn Dr. v. Tubeuf zu München über die Erſcheinungen des Blauwerdens von Kiefernholz zu verhandeln.[2]) Ich erfuhr hierbei, daß Herr Profeſſor Hartig bereits im Jahre 1878 mitgetheilt hat, daß das Blauwerden des Nadelholzes auf Färbung durch das braune Mycel des Sagrophyten Ceratostoma piliferum beruhe[3]), und ferner Folgendes

[1]) Vergl. Seite 45 unten.

[2]) Beiden Herren danke ich auch an dieſer Stelle verbindlichſt für das mir erwieſene bereitwillige Entgegenkommen und ihre freundliche Unterſtützung.

[3]) Dr. Robert Hartig, „Die Zerſetzungserſcheinungen des Holzes“. Berlin, Jul. Springer 1878. S. 196.

Fig. 54.

THE NEW YORK PUBLIC LIBRARY
ASTOR, LENOX AND TILDEN FOUNDATIONS.

THE NEW YORK PUBLIC LIBRARY
ASTOR, LENOX AND TILDEN FOUNDATIONS.

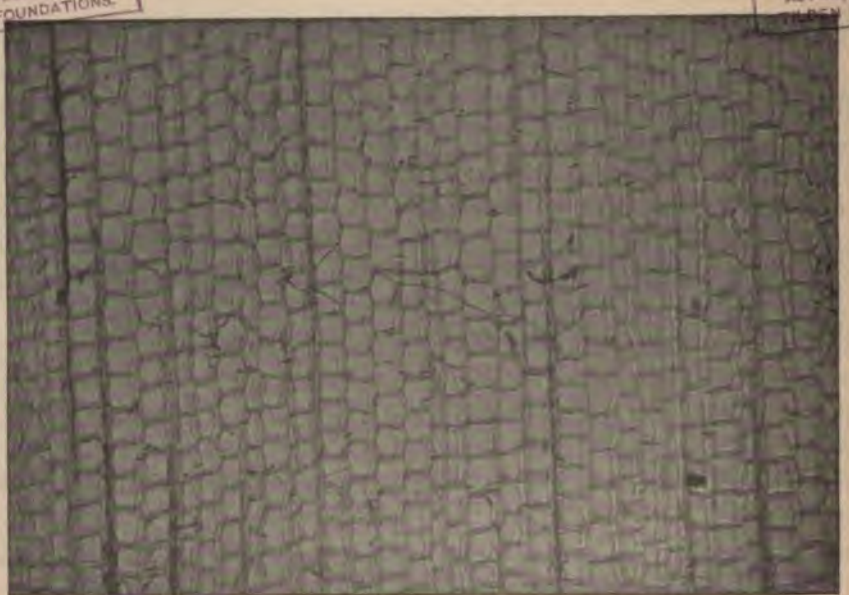


Fig. 55.

über die Entstehung, das Leben und den Einfluß dieses Pilzes auf das Nadelholz veröffentlicht hat:

1. Dr. R. Hartig, „Lehrbuch der Baumkrankheiten". Jul. Springer, Berlin 1889. „Das sogenannte „Blauwerden" des Nadelholzes, das besonders in den Kiefernbeständen an abständigen Bäumen, nach Raupenfraß oder auch erst in feuchten Holzgelassen am Brennholz auftritt, wird durch Ceratostoma piliferum (syn. Sphaeria dryina) veranlaßt, einen Pyrenomyceten, dessen Mycelium braun gefärbt ist und durch die Markstrahlen sehr schnell von außen bis zum Mittelpunkte der todten Stämme vordringt. Das Kernholz wird mehr von ihm gemieden, wahrscheinlich des geringen Wassergehaltes wegen, während das Splintholz oft schnell von dem Pilzmycel durchzogen und zersetzt wird."

2. In der allgemeinen Encyklopädie der gesammten Forst- und Jagdwissenschaften von Raoul Ritter von Dombrowsky. Pertes-Wien und Leipzig 1887, S. 82. „Wenn frisches Kiefernholz längere Zeit im Walde gelegen hat und entweder infolge feuchter Witterung oder dumpfiger Lage nur langsam zu verdunsten im Stande war, so färbt es sich oft durch den ganzen wasserhaltenden Splintkörper dunkelblaugrau.

Auf den Schnittflächen sowie unter der sich später leicht loslösenden Rinde tritt selbst eine schwarze Färbung zum Vorschein und bemerkt man, zumal unter der Rinde, zahllose kleine schwarze Kügelchen, die in eine lange borstenförmige Spitze auslaufen. Es sind die Fruchtträger des Ceratostoma piliferum, eines Kernpilzes, der nur an gefällten oder absterbenden Bäumen sich ansiedelt und mit seinen dunkelbraun gefärbten Pilzfäden mit besonderer Vorliebe die Markstrahlen des Kiefernholzes durchwuchert, von dort auch in die Tracheïden des Holzes hineinwächst und, ohne die Zellwände selbst dunkler zu färben, doch jene als „Blauwerden" bezeichnete Verfärbung des Holzes hervorruft. Der Kern bleibt immer frei, womit erwiesen ist, daß zur Entwickelung dieses Pilzes das in den Zellwänden enthaltene Wasser nicht genügt, vielmehr liquides Wasser erforderlich ist.

Eine sehr üppige Entwicklung zeigt der Pilz an gespaltenem frischen Brennholz in solchen Lagerräumen, welche der Zugluft keinen Zutritt gestatten.

Kiefern, welche auf dem Stamm absterben, z. B. in Folge von Raupenfraß, werden erst dann blau, wenn Borkenkäfer Bohrlöcher in die Rinde bohren. Von diesen aus bringt der Pilz zunächst in der Richtung der Markstrahlen bis zum Kern vor, gleichzeitig auch in der Längsrichtung des Stammes das Blauwerden erzeugend. In Kiefernstangenorten, welche durch Kahlfraß getödtet waren, fand ich das Holz gesund und weiß, offenbar in Folge davon, daß der Holzkörper so schnell vertrocknete, daß weder Borkenkäfer noch Pilze die Stämme befallen konnten.

Der Holzkörper wird durch den Lebensprozeß des Pilzes in seinem Werthe umsomehr geschädigt, je länger derselbe seine Wirkung auszuüben vermag, und wird man deshalb kahlgefressene Kiefernbestände möglichst schnell zum Hiebe bringen und die Stämme entrinden müssen, wenn man das Holz noch als Nutz- und Bauholz verwerthen will. An Fichtenholz kommt die Erscheinung, so viel mir bekannt, nur sehr selten vor. Sie ist nicht zu verwechseln mit der „Grünfäule". —

Ferner theilte mir Herr Dr. v. Tubeuf folgendes Ergebniß seiner Untersuchung an einer Probe blauen Holzes mit, die demselben Stück entnommen war, dem die in der Versuchsanstalt untersuchten Proben entstammten:

„Das dickwandige Sommerholz hat sich also nicht völlig frei von Pilzfäden erwiesen, wenn diese auch nicht so zahlreich in den engen Luminis derselben

sind wie in den weiten vom Frühlingsholz. Die Pilzfäden sind hier besonders zahlreich und üppig. Sie durchwachsen aber auch die Wandung und zwar nicht nur an den Hoftipfelstellen. Bei der Durchbohrung wird der Pilzfaden außerordentlich fein, so daß die Bohrlöcher später nicht mehr zu sehen sind wie dies bei den eigentlichen Holzzersetzern der Fall ist, die große Löcher machen." —

Um nun eine Erklärung dafür ableiten zu können, daß das Blauwerden die Druckfestigkeit des Holzes nicht beeinträchtigt hat, ist zu beachten, daß die Druckfestigkeit einer von Hirn aus beanspruchten Holzprobe, wie ich in meinem bereits erwähnten älteren Bericht (S. 30) nachgewiesen habe, wesentlich von dem Widerstande abhängt, den die einzelnen aus Herbstholz bestehenden Platten dem Zerknicken entgegensetzen.

Da nun der Pilz, welcher das Blauwerden veranlaßt, hauptsächlich das Frühjahrsholz durchdringt, während die aus dem Herbstholz gebildeten, beim Druckversuch tragenden Platten durch das Blauwerden keine wesentliche Veränderung erleiden, so liegt daher auch kein Grund vor, weshalb das blaue Holz geringere Druckfestigkeit haben sollte als das weiße.

Beim Biege- und Spaltversuch liegen die Verhältnisse anders, denn bei ihnen wird nicht die Knickfestigkeit der Herbstholzplatten, sondern die Festigkeit der Zellwandungen gegen Losreißen von einander und gegen Zerreißen in Anspruch genommen und zwar nicht nur die Wandungen des Herbstholzes, sondern auch die des Frühjahrsholzes. Daher steht zu erwarten, daß bei den in Aussicht genommenen Biege- und Spaltversuchen es sich zeigen wird, wenn die Pilzwucherungen im blauen Holz Zerstörungen der Zellwände bis zur Verminderung ihrer Festigkeit verursachen.

---

2. Prüfung natürlicher Gesteine.

Vom Vorsteher der Abtheilung für Baumaterialprüfung Ingenieur M. Gary.

Bereits in Heft 3 Jahrgang 1885, Ergänzungsheft II Jahrgang 1889 und Heft 5 Jahrgang 1892 der „Mittheilungen" sind laufend die Ergebnisse der Prüfungen veröffentlicht worden, welche mit natürlichen Gesteinen bis zum Betriebsjahre 1891/92 in der Königlichen Prüfungsstation für Baumaterialien ausgeführt wurden.

Um in dieser Reihe keine Unterbrechung eintreten zu lassen, sind in den nachfolgenden Tab. 2 die Ergebnisse der Versuche aus den Betriebsjahren 1892/93 bis 1894/95 zusammengefaßt. Mit Beginn des Betriebsjahres 1895/96 sind die Verfahren der Prüfung in einigen wesentlichen Punkten geändert werden, insbesondere gemäß den Beschlüssen der internationalen Konferenzen für die Vereinbarung einheitlicher Methoden für die Prüfung von Baumaterialien, so daß es erwünscht erscheint, die vom 1. April 1895 an ausgeführten Versuche s. Z. besonders zu veröffentlichen und bei dieser Gelegenheit auf die Gründe, welche die Aenderung der Prüfungsverfahren veranlaßt haben, näher einzugehen.

Zum Zwecke des leichteren Vergleiches sollen die alten Prüfungsverfahren an Hand der Tab. 2 vorweg noch einmal kurz geschildert werden.

Zur Charakterisirung des äußeren Ansehens der Gesteine ist früher meist von einer eingehenden Beschreibung der Beschaffenheit der Bruchfläche und des Bruchgefüges Abstand genommen und nur die Farbe der frischen Bruchfläche in den Tabellen mit aufgeführt worden.

Die Größe der für die Bestimmung der Druckfestigkeit zu benutzenden Würfel mußte der Leistungsfähigkeit der zur Verfügung stehenden hydraulischen Presse angepaßt werden, wobei

nach der Verwendung von möglichst großen Würfeln gestrebt wurde. Um die Kosten der Herstellung der Würfel, die mit deren Größe erheblich wachsen, nicht unnütz zu steigern, sind indessen Würfel von mehr als 6 cm Seitenlänge für die Druckversuche nicht benutzt worden. Für die Prüfung von Hartgesteinen kamen Würfel von 4 und 5 cm Seitenlänge zur Anwendung.

Die Herstellung der Würfel wurde früher zum größten Theile außerhalb der Versuchsanstalt vorgenommen, die Druckflächen sind indessen in allen Fällen auf der Diamanthobelmaschine oder mit feinem Schmirgel auf der Schleifscheibe nachgearbeitet und völlig eben und nach Möglichkeit parallel gestaltet worden. Zum Zwecke des Ausgleichs geringer Abweichungen von den Parallelen ist die eine Druckplatte der Maschine in einem Kugellager beweglich.

Die Druckbeanspruchung erfolgte im allgemeinen senkrecht zur Lagerfläche des Gesteines, nur bei lagerhaften Gesteinen wurde auf entsprechenden Antrag auch die Druckfestigkeit parallel zum Lager bestimmt. — Von 30 Würfeln wurden

a. 10 Stück lufttrocken, d. h. nachdem sie einige Tage im Laboratorium gestanden hatten,
b. 10 Stück wassersatt, d. h. nachdem sie mindestens 125 Stunden in Wasser von Zimmerwärme getaucht worden waren,
c. 10 Stück nach zwölfstündiger Lagerung in Wasser und einmaliger, 24 Stunden andauernder Frostbeanspruchung

auf Druckfestigkeit geprüft.

Die Frostwirkung von — 12 C° bis — 15 C° wurde mit Hülfe eines Blechkastens, der von einer Kältemischung aus zerstoßenem Eis und Salz umgeben war, hervorgebracht und auf je 5 bezw. 10 nasse, in Luft liegende und 5 bezw. 10 unter Wasser liegende Würfel ausgeübt.

Die Würfel unter b und c wurden sogleich nach der Entnahme aus dem Wasser bezw. Frost in die Druckmaschine gebracht.

Das Raumgewicht des Materials wurde an unregelmäßigen Stücken mit Hülfe der Wassersättigungsmethode bestimmt.

Zur Ermittelung der Wasseraufnahmefähigkeit des Materials dienten die oben unter b aufgeführten Würfel, welche zuerst 25 Stunden in einem heißen Ofen getrocknet, gewogen, dann allmählich in Wasser getaucht und nach 12, 100 und 125 Stunden wieder gewogen wurden. Zumeist findet schon nach 100 Stunden keine weitere Wasseraufnahme mehr statt.

Die Prüfungen auf Abnutzbarkeit wurden an Würfeln mit 50 qcm Fläche parallel zum Lager ausgeführt. Die Würfel wurden mit 30 kg belastet und standen in etwa 22 cm mittlerem Abstand vom Mittelpunkt der Scheibe. Nach je 22 Umgängen der Scheibe, d. h. nach je einer Minute, wurden 20 g Naxos-Schmirgel bestimmter Körnung frisch aufgegeben. Der Schmirgel und das abgeschliffene Steinpulver blieb auf der Scheibe bis nach $5 \cdot 22 = 110$ Scheibenumgängen, nach welcher Zeit der Gewichtsverlust des Würfels durch Wägung festgestellt und die Scheibe abgefegt wurde. Nach vier derartigen Wägungen, deren Einzelergebnisse einen Vergleich in Bezug auf die Gleichmäßigkeit des geprüften Materials zulassen, wurde der gesammte Gewichtsverlust des Würfels bestimmt und der Verlust an Masse in ccm aus dem Quotienten $\frac{G}{r}$ berechnet.

In einzelnen Fällen sind Bruchsteine auch auf ihre Festigkeitsverminderung nach der Beanspruchung durch Feuer geprüft worden. Die Würfel wurden dann bis zur Rothgluth erhitzt und nach langsamer oder plötzlicher Abkühlung auf Druck beansprucht.

Die Biegefestigkeit von Bruchsteinen ist nur selten erprobt worden, vorwiegend an solchen Materialien, die zur Herstellung von Treppenstufen bestimmt sind, oder zu Platten

verarbeitet werden. Die Proben erhielten dann die Form von Stäben oder Platten, wurden an beiden Enden frei aufgelegt und in der Mitte bis zum Bruch belastet.

Die Messung der elastischen Formänderungen an Bruchsteinmaterial ist früher nie beantragt worden, und zur Ausführung wissenschaftlicher Versuche nach dieser Richtung hin fehlte es an Zeit und Mitteln.

Wenn auch die Anstalt bestrebt war, die Ausführung der Prüfungen nach Möglichkeit vollkommen und einheitlich zu gestalten, so sind doch Abweichungen von dem Schema in Folge besonderer Wünsche der Antragsteller oder der Verschiedenheit des Verwendungszweckes der Steine unvermeidlich und drücken sich in der Tabelle in der mehr oder minder ausführlichen Untersuchung aus.

Die folgende Eintheilung der Gesteine ist festgehalten worden und wird auch später beachtet werden, weil sie einfach ist und vom praktischen Gesichtspunkte aus sich als zweckmäßig bewährt hat.

I. Versteinerungslose Felsarten.

A. Massige, ungeschichtete Gesteine.

1. Granite, 2. Hornblendegesteine, 3. Ophiolite,
4. Porphyre, 5. Trachytgesteine, 6. Augitgesteine.

B. Geschichtete Gesteine.

1. Quarzite, 2. Thonschiefer.

II. Versteinerungen führende, geschichtete Felsarten.

1. Kalksteine, 2. Dolomite, 3. Sandsteine.

III. Konglomerate, Breccien und Tuffe.

Die petrographische Bezeichnung der Steine erfolgte nach den Angaben der Antragsteller, die auf ihre Richtigkeit zu prüfen nicht in allen Fällen möglich war.

In den Tabellen 2 bezeichnen die fett gedruckten Zahlen der Spalten 9 bis 12 die Druckfestigkeit in kg/qcm im Mittel aus je 10 bezw. 5 Versuchen, die über bezw. unter diesen stehenden Zahlen die bei denselben Versuchen ermittelten Maximal- bezw. Minimaldruckfestigkeiten des Gesteins für denselben Zustand.

Sowohl in Bezug auf Druckfestigkeit, als auch in der Wasseraufnahme und namentlich in der Abnutzbarkeit weisen gleichartige Gesteinsarten oft sehr erhebliche Abweichungen auf, je nach Lage des Bruches und nach Lage der Bänke, aus denen die Proben entnommen wurden. Leider sind die Angaben der Antragsteller über die Herkunft der Steine und den Ort der Probenentnahme meist sehr unzureichend, während doch diese Angaben für eine genaue petrographische und geologische Bezeichnung des geprüften Materials nicht entbehrt werden können.

Auch über den Verwendungszweck der Steine bleibt die Versuchsanstalt vielfach im Unklaren und nur sehr selten ist in Erfahrung zu bringen, wie sich das Gestein in der Praxis bewährt hat.

In Zukunft wird dahin gestrebt werden, derartige Angaben möglichst vollständig zu sammeln um die Veröffentlichungen der Versuchsergebnisse nutzbringender zu gestalten.

Immerhin bieten die immer zahlreicher werdenden Versuchsergebnisse namentlich mit den hauptsächlich als Bausteine aller Art in Betracht kommenden Gesteinsarten schon jetzt ein werthvolles Material zur Beurtheilung der heimischen Bruchsteinindustrie.

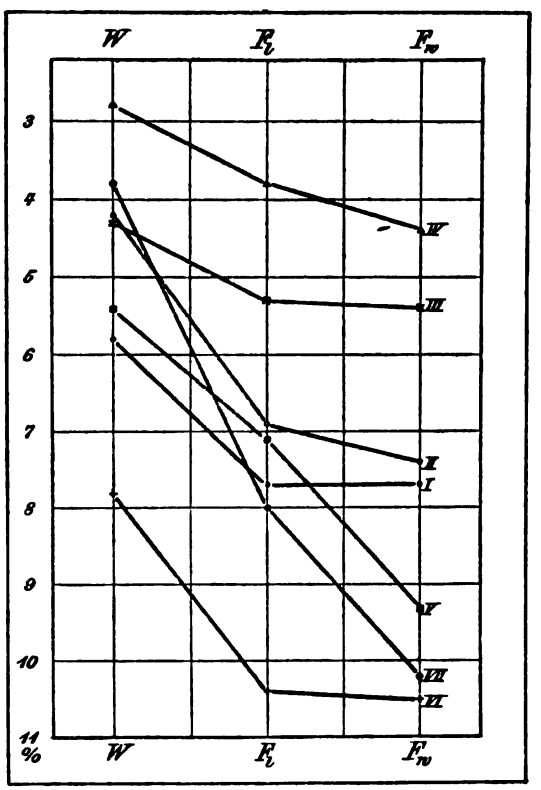
Die Tab. 1 giebt die Durchschnittsfestigkeiten aus den von 1884 bis 1895 in vollständiger Form ausgeführten Festigkeitsprüfungen der hauptsächlichsten Bausteine wieder und läßt zugleich den gesetzmäßig verlaufenden Einfluß des aufgenommenen Wassers und des einmaligen Gefrierens auf die Steine erkennen.

Tabelle 1. **Zusammenstellung der mittleren Druckfestigkeiten der hauptsächlichsten Bausteine in Mittelwerthen aus den Versuchen der Betriebsjahre 1884—1895.**

Gesteinsart	Zahl der Versuche	Mittlere Druckfestigkeit kg/qcm			
		lufttrocken	wassersatt	nach einmaliger Frostbeanspruchung an der Luft	nach einmaliger Frostbeanspruchung unter Wasser
I. Granite	5530	2206	2078	2037	2037
II. Hornblendegesteine u. Ophiolite (Grünstein, Diabas, Diorit) .	320	2757	2640	2566	2553
III. Porphyre	1000	2631	2519	2491	2488
IV. Augitgesteine (Basalt) . . .	680	3616	3513	3478	3458
V. Kalksteine (Marmor) . . .	800	1028	972	955	932
VI. Sandsteine	3960	922	850	826	825
VII. Grauwacke	600	2393	2301	2202	2148

Die beigegebene zeichnerische Darstellung zeigt diese Einflüsse noch deutlicher.

Auf der Ordinate W ist die Festigkeitsabnahme der wassersatten Steine in Prozenten, bezogen auf die Druckfestigkeit der lufttrockenen Steine aufgetragen, auf den Ordinaten F_l und F_w die Festigkeitsabnahme in Folge einmaliger Frostwirkung an der Luft bezw. unter Wasser.



Zeichnerische Darstellung der Festigkeitsabnahme wassersatter und gefrorener Bruchsteine.

Der Verlauf der Kurven erweist gleichmäßig für alle sieben herausgegriffenen Gesteinsgruppen, daß sie sämmtlich — und zwar auch die härtesten, deren Wasseraufnahme an sich gering ist — durch Wasseraufnahme eine Einbuße an ihrer Festigkeit erleiden und daß schon einmaliger Frost im Stande ist, die Festigkeit noch weiter herabzudrücken. Die größte Festigkeitseinbuße erlitten die geprüften Steine bei Frostbeanspruchung unter Wasser.

Da seit 1895 die Prüfungen auf Frostbeständigkeit mit 25maligem Gefrieren ausgeführt werden, wird es interessant sein, später festzustellen, ob dieses 25malige Gefrieren die Festigkeit bewährter Bausteine thatsächlich mehr herabdrückt als eine einmalige Frostbeanspruchung.

Bemerkenswerth ist noch, daß scheinbar am meisten Sandsteine, Granite und Kalksteine durch Wasser an Festigkeit verlieren, und daß Sandsteine, Grauwacken und Kalksteine dem Frost am wenigsten Widerstand entgegensetzen.

Derartige Schlußfolgerungen sind naturgemäß nur allgemein zu verstehen; die besonderen Eigenschaften jedes einzelnen Gesteines werden dadurch nicht berührt. Auch allgemeine Schlußfolgerungen, wie die gezogenen, sind nur zulässig auf Grund sehr vieler Versuche, mithin im weiteren Verlauf der Gesteinsprüfungen auf ihre Richtigkeit zu kontroliren.

Tabelle 2. **Zusammenstellung der Ergebnisse von Bruchstein-**

1.	2.	3.	4.		5.	6.	7.	8.
Laufende Nr.	Bezeichnung und Ursprung des Steines bezw. Name des Antragstellers	Farbe	Seitenlänge des Würfels	Gedrückte Fläche	Eigenes Gewicht	Raumgewicht	Wasseraufnahme in % des Trockengewichtes nach 12 Std.	Wasseraufnahme in % des Trockengewichtes nach 125 Std. (satt)
			cm	qcm	kg		%	%
	I. Versteinerungs-							
	A. Massige unge-							
								1.
1	Granit aus dem im Forstrevier Oberau belegenen Steinbruche der Firma Worch & Co. zu Berlin	hellgraumelirt	4	16	0,175	2,589	0,46	0,52
2	Granit; Antr.: Kaiserliche Fortifikation zu Wilhelmshaven	graumelirt	4	16	0,173	—	—	—
3	Granit; Journ.-Nr. 10670—10676	schwarzmelirt	4	16	0,188	2,720	0,11	0,16
4	Granit; Antr.: Hochbau-Deputation des Magistrats zu Stettin	graumelirt	4	16	0,174	—	—	—
5	Granit aus dem Bruche Warberg der Granitaktiebolaget C. A. Kullgrens Enka in Uddevalla (Schweden); Antr.: Oskar Zucker zu Berlin	grünschwarzmelirt	4	16	0,182	2,864	0,56	0,56
6	Granit; Ursprungsangabe nicht gestattet	bläulichhellgraumelirt	6	36	0,549	—	—	—
7	Granit; Ursprungsangabe nicht gestattet	hellbräunlichgraumelirt	6	36	0,560	—	—	—
8	Granit; Antr.: Kaiserliche Fortifikation zu Wilhelmshaven	graumelirt	4	16	0,177	—	—	—
9	Granit aus dem Steinbruche zu Stroebel der Firma A. Eckstein zu Zobten a./Berge gehörig	grauweißmelirt	4	16	0,175	2,513	0,51	0,51
10	Rother Granit vom Feldberg, Gemeinde Bärenthal und Menzenschwand (Baden); Antr.: Steinbruchbesitzer E. Fried. Meyer zu Freiburg	röthlichmelirt	4	16	0,175	—	—	—
11	Granit; Ursprungsangabe nicht gestattet	—	4	16	0,180	2,722	0,34	0,45
12	Granit; Journ.-Nr. 11239—11245	graumelirt	4	16	0,180	2,696	0,17	0,17
13	Granit aus den Brüchen von Waldulm (Schwarzwald); E. Deuster zu Straßburg i. Els. gehörig	schwarzweißmelirt	4	16	0,180	2,720	0,73	0,73
14	Granit; Ursprungsangabe nicht gestattet	bräunlichrothmelirt	4	16	0,175	2,563	0,59	0,59

prüfungen aus den Betriebsjahren 1892/93 bis 1894/95.

9.	10.	11.	12.	13.							
Druckfestigkeit				Abnutzbarkeit							
lufttrocken	wassersatt	nach der Beanspruchung durch Frost (bei −12 bis −15 C°)		Probe Nr.	Gewichtsverlust					Verlust in ccm
		an der Luft	unter Wasser		Versuch Nr.				Gesammt-Gewichtsverlust	
					1	2	3	4		
kg/qcm					g	g	g	g	g	

lose Felsarten.

schichtete Gesteine.

Granite.

2418,4	2099,2	2257,6	2223,9	I	5,6	5,4	5,2	5,1	21,3	8,2
2063	**1906**	**1964**	**1962**	II	5,6	5,0	5,7	5,0	21,3	8,2
1718,5	1681,5	1778,2	1681,5							
1887,0										
1872										
1010,9										
2004,2	1954,4	1988,1	1920,7	I	6,5	5,9	6,0	6,1	24,5	9,0
1764	**1567**	**1685**	**1695**	II	6,0	6,8	6,0	6,0	24,8	9,1
1633,5	1330,2	1330,1	1280,4							
3201,1										
2519										
2004,0										
2864,2	2223,9	2325,4	2408,4	I	7,0	6,6	6,2	7,0	26,8	9,4
2416	**1988**	**2017**	**2057**	II	7,1	6,4	6,6	6,9	27,0	9,4
1954,4	1684,8	1718,5	1617,4							
1578,9										
1432										
1108,5										
2082,2										
1966										
1857,5										
2250,7										
1661										
882,5										
3201,1	2836,5	2864,2	2812,8	I	5,0	5,1	5,0	4,8	19,9	7,9
2679	**2658**	**2625**	**2584**	II	4,5	5,1	4,7	4,7	19,0	7,6
2358,7	2459,8	2479,8	2257,6							
1795,9										
1685										
1415,2										
2914,9	2544,2	3201,1	2763,1	I	5,5	5,3	5,0	5,2	21,0	7,7
2593	**2246**	**2582**	**2469**	II	5,2	4,6	4,8	4,7	19,3	7,1
2005,1	1920,7	1785,9	1988,1							
2493,5	2257,6	2310,0	2190,2	I	6,6	5,4	4,7	4,6	21,3	7,9
2146	**1991**	**1787**	**1880**	II	5,2	5,1	4,3	4,8	19,4	7,1
1887,0	1819,6	1415,2	1415,2							
1755,5	1583,7	1550,0	1887,0	I	5,9	5,5	5,6	5,2	22,2	8,2
1454	**1419**	**1258**	**1514**	II	5,3	5,6	4,8	5,3	21,0	7,7
1264,0	1213,1	1010,9	1262,1							
1448,9	1550,0	1297,4	1567,0	I	6,2	5,6	4,5	4,4	20,7	8,1
893	**1057**	**1002**	**1079**	II	5,2	4,9	5,4	4,5	20,0	7,8
687,6	559,0	848,4	710,6							

THE NEW YORK PUBLIC LIBRARY
ASTOR, LENOX AND TILDEN FOUNDATIONS.

1.	2.	3.	4.		5.	6.	7.	8.
Laufende Nr.	Bezeichnung und Ursprung des Steines bezw. Name des Antragstellers	Farbe	Seitenlänge des Würfels	Gedrückte Fläche	Eigenes Gewicht	Raumgewicht	Wasseraufnahme in % des Trockengewichtes nach 12 Std.	Wasseraufnahme in % des Trockengewichtes nach 125 Std. (satt)
			cm	qcm	kg		%	%
15	Granit aus dem Steinbruche von Georg Burger in Kappelrodeck; Antr.: Gesellschaft Harkort (in Duisburg) Bauleitung der Rheinbrücke bei Roppenheim zu Iffezheim	schwarz-weißmelirt	4	16	0,180	2,606	0,17	0,39
16	Granit; Ursprungsangabe nicht gestattet	graumelirt	4	16	0,176	2,518	0,11	0,11
17	Granit; Ursprungsangabe nicht gestattet	graumelirt	4	16	0,179	2,573	0,06	0,06
18	Granit; Ursprungsangabe nicht gestattet	graumelirt	4	16	0,178	2,558	0,56	0,56
19	Granit aus dem in der Weißtropper Gemeinde bei Dresden gelegenen Steinbruche, Rudolph Stein zu Kötschenbroda gehörig	graumelirt	4	16	0,185	2,664	0,55	0,55
20	Granit; Antr.: Kaiserliche Fortifikation zu Wilhelmshaven	graumelirt	4	16	0,172	—	—	—
21	Granit aus dem Steinbruche Gundn, der Firma Karlshälls Stenhuggerier C. G. Smith zu Karlshamn (Schweden) gehörig	graumelirt	4	16	0,178	2,570	0,06	0,06
22	Granit; Ursprungsangabe nicht gestattet	bräunlich-graumelirt	4	16	0,178	2,571	0,0	0,0
23	Granit aus dem Steinbruche Matwik Nr. II, der Firma Karlshälls Stenhuggerier C. G. Smith zu Karlshamn (Schweden) gehörig	bräunlich-hellgrau	4	16	0,179	2,614	0,28	0,28
24	Granitwürfel „S"; Antr.: Hochbau-Deputation des Magistrats zu Stettin	graumelirt	4	16	0,185	—	—	—
25	Granitwürfel „W"; Antr.: Hochbau-Deputation des Magistrats zu Stettin	graumelirt	4	16	0,182	—	—	—
26	Granit; Ursprungsangabe nicht gestattet	hellgrau-melirt	4	16	0,180	2,586	0,28	0,28
27	Granitwürfel „M"; Antr.: Abtheilung II des Ingenieur-Comitees zu Berlin	schwarz-weißmelirt	6	36	0,603	—	—	—
28	Granitwürfel „J"; Antr.: Abtheilung II des Ingenieur-Comitees zu Berlin	schwarz-weißmelirt	6	36	0,618	—	—	—
29 [1])	Granit aus den A. K. Fernström auf Sterno gehörigen Steinbrüchen; Antr.: Hermann Hein zu Berlin	grünlich-graumelirt	4	16	0,181	2,669	0,17	0,28

[1]) Von der Angabe eines Mittelwerthes wurde wegen zu großer Verschiedenheit innerhalb der Reihe der ermittelten Festigkeitszahlen abgesehen.

9.	10.	11.	12.	13.						
Druckfestigkeit				Abnutzbarkeit						
lufttrocken	wassersatt	nach der Beanspruchung durch Frost (bei −12 bis −15 C°)		Probe Nr.	Gewichtsverlust					Verlust in ccm
		an der Luft	unter Wasser		Versuch Nr.				Gesammt-Gewichts-verlust	
					1	2	3	4		
kg/qcm					g	g	g	g	g	
1634,5	1853,3	1448,9	1718,5	I	5,7	5,1	4,8	5,3	20,9	8,0
—[1])	—[1])	—[1])	—[1])	II	5,7	5,9	5,3	4,8	21,7	8,3
741,3	831,8	572,8	505,4							
2965,2	2695,7	2935,8	2527,2	I	5,0	4,2	4,8	4,1	18,1	7,2
2464	**2273**	**2518**	**2082**	II	5,0	4,7	4,3	4,6	18,6	7,4
1785,9	1684,8	2156,5	1684,8							
2695,7	2560,9	2965,2	2897,9	I	5,5	4,7	4,0	4,7	18,9	7,3
2418	**2083**	**2487**	**2199**	II	5,1	5,3	4,0	4,8	19,2	7,5
2021,8	1684,8	1684,8	1700,5							
3470,7	2729,4	2746,2	2864,2	I	4,3	4,7	3,9	4,1	17,0	6,6
2780	**2431**	**2431**	**2556**	II	4,3	4,5	4,6	4,1	17,5	6,8
2089,2	2122,8	2270,0	2021,8							
3302,2	2763,1	2729,4	2493,5	I	6,6	5,1	6,1	5,8	23,6	8,9
2544	**2271**	**2300**	**2058**	II	5,5	5,1	5,4	5,3	21,3	8,0
1887,0	1819,6	1853,3	1617,4							
2257,6										
2006										
1752,2										
3234,8	3201,1	2830,5	3201,1	I	4,3	4,7	3,5	4,2	16,7	6,5
2681	**2484**	**2350**	**2658**	II	3,8	4,2	4,1	3,9	16,0	6,2
2021,8	2122,8	1920,7	2055,5							
1853,3	1920,7	2055,5	1145,7	I	4,7	4,3	4,6	4,4	18,0	7,0
—[1])	—[1])	—[1])	—[1])	II	4,7	4,3	4,6	4,4	18,0	7,0
572,8	536,1	943,5	536,1							
2662,0	2897,9	2931,6	2897,9	I	6,0	6,2	5,6	5,2	23,0	8,8
2211	**2424**	**2108**	**2443**	II	5,9	5,3	4,8	5,0	21,0	8,0
1684,8	1988,1	1617,4	1617,4							
2897,9										
2339										
1684,8										
2897,9										
2650										
2156,5										
3639,2	3201,1	3504,4	3486,7	I	3,6	3,9	4,6	4,2	16,3	6,3
3236	**2888**	**2900**	**2929**	II	3,3	3,6	3,6	3,0	13,5	5,2
2763,1	2392,4	2358,7	2527,2							
2007,3										
—[2])										
1707,7										
2347,0										
—[2])										
1857,5										
3201,1	3133,7	3437,0	3133,7	I	5,1	3,2	3,5	3,5	15,3	5,7
2900	**2720**	**2722**	**2752**	II	5,5	3,0	3,8	4,0	16,3	6,1
2392,4	2377,0	2291,3	2310,0							

[1]) Wegen der verschiedenen Bezeichnung der Proben wurde von der Angabe eines Mittelwerthes abgesehen.

[2]) Die Abnutzungswerthe sind an Würfeln mit 100 qcm Schleiffläche ermittelt.

1.	2.	3.	4.		5.	6.	7.	8.
Laufende Nr.	Bezeichnung und Ursprung des Steines bezw. Name des Antragstellers	Farbe	Seitenlänge des Würfels	Gedrückte Fläche	Eigenes Gewicht	Raumgewicht	Wasseraufnahme in % des Trockengewichtes nach 12 Std.	Wasseraufnahme in % des Trockengewichtes nach 125 Std. (satt)
			cm	qcm	kg		%	%
30	Granit von Baveno (am Lago Maggiore); Antr.: Granit- und Syenitwerke Bensheim, Carl Ostertag zu Bensheim	röthlich-graumelirt	6	36	0,613	—	—	—
31	Granit aus dem Bruche Isteheda in Id (Norwegen/Schweden) M. Falch & Co. in Fredrikshald gehörig; Antr.: Firma Stenzel & Co. zu Stettin	hellgrau	4	16	0,177	2,688	0,0	0,40
32	Granit aus dem Bruche in Warberg (Schweden), Eliasson & Johansson in Warberg gehörig; Antr.: Firma Stenzel & Co. zu Stettin	grau-schwarz-melirt	4	16	0,185	2,680	0,0	0,11
33	Granit aus dem Bruche in Hälleforschult bei Påskallavik (Schweden) der Firma Stenzel & Co. zu Stettin gehörig	roth- u. schwarz-melirt	4	16	0,178	2,674	0,0	0,06
34	Granit aus dem Bruche im Geyersberg, Carl Ferd. Höffer zu Tannenberg, Bez. Zwickau gehörig	graumelirt	4	16	0,182	—	—	—
35	Granit; Ursprungsangabe nicht gestattet	graumelirt	4	16	0,178	—	—	—
36	Granit aus dem in der Gemeinde Waldmatt gelegenen Steinbruche zum Bolfolstein, C. Kiederle zu Bühl (Baden) gehörig	graumelirt	4	16	0,179	—	—	—
37	Granit; Journ.-Nr. 12244—12250	bräunlich-graumelirt	4	16	0,180	2,586	0,0	0,0
38	Granit; Journ.-Nr. 12440—12446	bräunlich-graumelirt	4	16	0,182	2,598	0,06	0,11
39	Granit aus den Brüchen von Hofvenäs (Schweden); Antr.: Cohrs & Ammé zu Stettin	bräunlich-graumelirt	4	16	0,178	2,601	0,11	0,34
40	Granit aus den Brüchen im Distrikt Vesterwik (Schweden); Antr.: Cohrs & Ammé zu Stettin	braun-melirt	4	16	0,180	2,701	0,11	0,11
41	Granit aus den Brüchen von Bjornerod beim Idefjord in Schweden, der Aktieselskabet W. Werner zu Christiania gehörig	graumelirt	4	16	0,188	2,524	0,0	0,0
42	Granit aus dem Bruche Oberau; Antr.: Rudolph Krone & Co. zu Berlin	graumelirt	4	16	0,154	—	—	—
43	Granit aus dem Bruche Keilbusch bei Meißen; Antr.: Rudolph Krone & Co. zu Berlin	bräunlich-melirt	4	16	0,159	—	—	—
44	Granit aus den Brüchen in Stillerydd und Ingegerdahej bei Carlshamn (Schweden); Antr.: Cohrs & Ammé zu Stettin	weiß- u. schwarz-melirt	4	16	0,186	2,640	0,0	0,0
45	Granit aus den Brüchen in Geppersdorf, den Freiherr von Thielmannschen industriellen Werken in Geppersdorf bei Steinkirche gehörig	hellgrau-melirt	4	16	0,179	2,409	0,0	0,0

9.	10.	11.	12.	13.						
Druckfestigkeit				Abnutzbarkeit						
lufttrocken	wassersatt	nach der Beanspruchung durch Frost (bei −12 bis −15 C°)		Probe Nr.	Gewichtsverlust					Verlust in ccm
		an der Luft	unter Wasser		Versuch Nr.				Gesammt-Gewichtsverlust	
					1	2	3	4		
kg/qcm					g	g	g	g	g	
1707,7										
1361										
1123,5										
1853,3	1381,5	1785,9	1785,9	I	5,6	5,5	4,6	5,4	21,1	7,8
1163	**1106**	**1229**	**897**	II	5,1	5,9	5,3	5,4	21,7	8,1
808,7	741,3	808,7	640,2							
2864,2	3100,0	3133,7	3066,3	I	5,4	5,1	4,8	4,4	19,7	7,4
2440	**2375**	**2477**	**2509**	II	5,2	5,2	5,1	5,0	20,5	7,6
1920,7	1988,1	1887,0	1920,7							
4144,6	3976,1	3774,0	3908,7	I	2,7	4,1	3,5	3,3	13,6	5,1
3519	**3351**	**3045**	**3089**	II	3,3	3,7	3,6	3,3	13,9	5,2
2358,0	2695,7	2325,0	2291,3							
2763,1										
2477										
2122,8										
2257,6										
1911										
1381,5										
1903,0										
1497										
1179,4										
2560,9	2459,8	2122,8	2426,1	I	5,4	4,5	5,1	5,3	20,3	7,8
2124	**2140**	**1868**	**1948**	II	5,4	5,6	4,3	4,7	20,0	7,7
1785,9	1752,2	1651,1	1617,4							
2493,5	2325,0	2459,8	2392,4	I	5,5	5,0	5,5	5,5	21,5	8,3
2109	**2144**	**2303**	**2221**	II	4,3	4,4	5,8	4,5	19,0	7,3
1785,9	1988,1	2156,5	1887,0							
2459,8	2459,8	2089,2	3100,0	I	4,6	4,3	5,0	4,8	18,7	7,2
1988	**2238**	**1914**	**2061**	II	4,5	4,4	4,3	4,1	17,3	6,7
1516,3	2089,2	1583,7	1617,4							
2897,9	2257,6	2729,4	2729,4	I	5,4	5,0	5,0	4,5	19,9	7,4
2574	**2047**	**2246**	**2232**	II	4,7	4,8	4,6	4,7	18,8	7,0
2021,8	1752,2	1954,4	1887,0							
2206,2	2291,3	2021,8	2291,3	I	3,9	3,2	3,1	3,1	13,3	5,3
1985	**1898**	**1834**	**1915**	II	4,1	4,5	3,3	4,3	16,2	6,4
1819,6	1651,1	1684,8	1651,1							
1850,0										
1613										
1295,5										
1920,7										
1752										
1555,2										
2796,8	2358,7	2207,0	2392,4	I	4,0	3,5	4,2	3,2	14,9	5,6
2316	**2104**	**1953**	**2066**	II	4,8	3,7	4,0	4,0	16,5	6,3
2021,8	1920,7	1752,2	1853,3							
2426,1	2223,9	2223,9	2190,2	I	6,5	5,7	5,9	5,4	23,5	9,8
2158	**2061**	**2010**	**1930**	II	6,3	5,2	5,4	5,2	22,1	9,2
1887,0	1752,2	1752,2	1718,5							

1.	2.	3.	4.		5.	6.	7.	8.
Laufende Nr.	Bezeichnung und Ursprung des Steines bezw. Name des Antragstellers	Farbe	Seitenlänge des Würfels	Gedrückte Fläche	Eigenes Gewicht	Raumgewicht	Wasseraufnahme in % des Trockengewichtes nach 12 Std.	Wasseraufnahme in % des Trockengewichtes nach 125 Std. (satt)
			cm	qcm	kg		%	%
30	Granit von Baveno (am Lago Maggiore); Antr.: Granit- und Syenitwerke Bensheim, Carl Ostertag zu Bensheim	röthlich-graumelirt	6	36	0,613	—	—	—
31	Granit aus dem Bruche Isteheda in Id (Norwegen/Schweden) M. Falch & Co. in Fredrikshald gehörig; Antr.: Firma Stenzel & Co. zu Stettin	hellgrau	4	16	0,177	2,688	0,0	0,40
32	Granit aus dem Bruche in Warberg (Schweden), Eliasson & Johansson in Warberg gehörig; Antr.: Firma Stenzel & Co. zu Stettin	grau-schwarz-melirt	4	16	0,185	2,680	0,0	0,11
33	Granit aus dem Bruche in Hälleforschult bei Påskallavik (Schweden) der Firma Stenzel & Co. zu Stettin gehörig	roth- u. schwarz-melirt	4	16	0,178	2,674	0,0	0,06
34	Granit aus dem Bruche im Geyersberg, Carl Ferd. Höffer zu Tannenberg, Bez. Zwickau gehörig	graumelirt	4	16	0,182	—	—	—
35	Granit; Ursprungsangabe nicht gestattet	graumelirt	4	16	0,178	—	—	—
36	Granit aus dem in der Gemeinde Waldmatt gelegenen Steinbruche zum Volfolstein, C. Kiederle zu Bühl (Baden) gehörig	graumelirt	4	16	0,179	—	—	—
37	Granit; Journ.-Nr. 12244—12250	bräunlich-graumelirt	4	16	0,180	2,586	0,0	0,0
38	Granit; Journ.-Nr. 12440—12446	bräunlich-graumelirt	4	16	0,182	2,598	0,06	0,11
39	Granit aus den Brüchen von Hofvenäs (Schweden); Antr.: Cohrs & Ammé zu Stettin	bräunlich-graumelirt	4	16	0,178	2,601	0,11	0,34
40	Granit aus den Brüchen im Distrikt Vesterwik (Schweden); Antr.: Cohrs & Ammé zu Stettin	braun-melirt	4	16	0,180	2,701	0,11	0,11
41	Granit aus den Brüchen von Bjornerod beim Idefjord in Schweden, der Aktieselskabet W. Werner zu Christiania gehörig	graumelirt	4	16	0,188	2,524	0,0	0,0
42	Granit aus dem Bruche Oberau; Antr.: Rudolph Krone & Co. zu Berlin	graumelirt	4	16	0,154	—	—	—
43	Granit aus dem Bruche Keilbusch bei Meißen; Antr.: Rudolph Krone & Co. zu Berlin	bräunlich-melirt	4	16	0,159	—	—	—
44	Granit aus den Brüchen in Stillerydd und Ingegerdahej bei Carlshamn (Schweden); Antr.: Cohrs & Ammé zu Stettin	weiß- u. schwarz-melirt	4	16	0,186	2,640	0,0	0,0
45	Granit aus den Brüchen in Geppersdorf, den Freiherr von Thielmannschen industriellen Werken in Geppersdorf bei Steinkirche gehörig	hellgrau-melirt	4	16	0,179	2,409	0,0	0,0

1.	2.	3.	4.		5.	6.	7.	8.
Laufende Nr.	Bezeichnung und Ursprung des Steines bezw. Name des Antragstellers	Farbe	Seitenlänge des Würfels	Gedrückte Fläche	Eigenes Gewicht	Raumgewicht	Wasseraufnahme in % des Trockengewichtes nach 12 Std.	Wasseraufnahme in % des Trockengewichtes nach 125 Std. (satt)
			cm	qcm	kg		%	%
46	Freikörniger Granit aus den Brüchen der Actieselskabet Georg Lüttensee zu Christiania	graumelirt	4	16	0,185	2,508	—	—
47	Granit aus den bei Lysekil in Schweden belegenen Brüchen Hjelmedal, Nic. Petersen junr. in Flensburg gehörig	graumelirt	4	16	0,181	2,604	0,11	0,11
48	Granit aus dem Bruche Härshallen	bräunlich-dunkelgraumelirt	4	16	0,202	2,882	0,40	0,40
49 [1]	Granit aus der Oberpfalz	graumelirt	6	36	0,593	2,641	—	—
50	Granit aus dem Bruche in Liholt am Idefjord der Actieselskabet Georg Lüttensee zu Christiania	graumelirt	4	16	0,196	2,492	—	—
51 [1]	Granit aus der Oberpfalz	graumelirt	6	36	0,590	2,511	—	—
52	Granit aus den fürstlich Carl Schwarzenberg'schen Steinbrüchen in Worlik a./Moldau (Böhmen)	schwarzmelirt	4	16	0,189	2,648	0,05	0,05
53	Schwedischer Granit; Journ.-Nr. 12940—12942	graumelirt	4	16	0,174	2,783	—	—
54	Granit aus den Brüchen von Hufvudsta (Stockholms Distrikt i. Schweden); Antr: Cohrs & Ammé zu Stettin	graumelirt	4	16	0,177	2,686	0,0	0,0
55	Granit aus den Brüchen zu Strömstad der Firma De Forenede Stenhuggerier zu Christiania	graumelirt	4	16	0,174	2,831	0,06	0,06
56	Granit aus dem in den Wernigeroder Stadtforsten belegenen Steinbruche von H. Hemme zu Harzburg	graumelirt	4	16	0,182	2,711	—	—
57	Granit aus dem in Gröba bei Riesa i. S. belegenen Steinbruche von Worch & Co. zu Berlin	graumelirt	4	16	0,191	2,925	0,0	0,0
58	Granit aus den Brüchen von Amhulto Granit och Stenhuggeri in Bohnslau in Schweden; Antr.: Cohrs & Ammé zu Stettin	bräunlichgrau	4	16	0,172	2,825	0,0	0,29
59	Granit aus dem Steinbruche Skriveroen bei Idefjorden in Id (Norwegen), Brodrene Bromstad in Sarpsborg (Norwegen); Antr.: Stenzel & Co. zu Stettin	blaugrau	4	16	0,173	2,732	0,0	0,0
60	Granit aus den Steinbrüchen zu Röcknitz i. S., Carl Halbach zu Röcknitz bei Wurzen	graumelirt	4	16	0,170	2,619	0,0	0,0

[1] Die Abnutzungswerthe sind an Würfeln mit 36 qcm Schleiffläche ermittelt.

9.	10.	11.	12.	13.						
Druckfestigkeit				Abnutzbarkeit						
lufttrocken	wassersatt	nach der Beanspruchung durch Frost (bei −12 bis −15 C°)		Probe Nr.	Gewichtsverlust					Verlust in ccm
		an der Luft	unter Wasser		Versuch Nr.				Gesammt-Gewichtsverlust	
					1	2	3	4		
kg/qcm					g	g	g	g	g	
1887,0				I	4,0	3,3	3,2	3,7	14,2	5,7
1788				II	3,8	4,2	3,5	3,8	15,3	6,1
1684,8										
2796,8	2459,8	2729,4	2493,5	I	4,0	2,5	3,0	3,0	12,5	4,8
2301	**2059**	**2214**	**2084**	II	3,4	3,4	3,0	3,3	13,1	5,0
1819,6	1718,5	1887,0	1853,3							
1651,1	1785,9	1988,1	1785,9	I	5,5	5,7	5,1	5,6	21,9	7,6
1424	**1442**	**1383**	**1387**	II	6,2	4,9	5,4	5,5	22,0	7,6
1213,1	1078,3	977,2	1112,0							
2142,1				I	3,5	3,3	2,9	2,9	12,6	4,8
1803				II	3,5	3,8	3,0	3,3	13,6	5,1
1303,3										
2223,9				I	4,8	3,5	3,4	3,6	15,3	6,1
1969				II	4,3	3,8	4,6	3,4	16,1	6,5
1752,2										
1617,8				I	1,7	3,1	1,5	3,2	9,5	3,8
—[1])				II	2,9	1,5	1,7	3,0	9,1	3,6
1572,9										
2729,4	2190,2	2459,8	2190,2	I	4,5	3,9	3,9	3,8	16,1	6,1
2132	**1979**	**2066**	**1867**	II	4,1	4,3	3,5	3,5	15,4	5,8
1752,2	1684,8	1752,2	1482,6							
1819,6				I	4,5	4,1	3,4	3,7	15,7	5,6
1483				II	4,2	4,2	4,1	4,2	16,7	6,0
1196,2										
2897,9	2763,1	2796,8	2864,2	I	3,1	4,2	3,7	3,5	14,5	5,4
2590	**2464**	**2304**	**2356**	II	3,8	3,0	3,4	3,7	13,9	5,2
2223,9	2156,5	2122,8	1853,3							
3032,6	2796,8	2830,5	2796,8	I	4,2	4,0	3,8	3,7	15,7	5,5
2605	**2392**	**2381**	**2333**	II	4,9	4,0	3,8	4,2	16,9	6,0
2325,0	2156,5	2089,2	1954,4							
2796,8				I	3,3	2,7	2,2	2,7	10,9	4,0
2336				II	3,5	2,6	3,0	3,1	12,2	4,5
2055,5										
2223,9	2325,0	2223,9	2325,0	I	5,4	4,8	4,0	4,4	18,6	6,4
1968	**2060**	**1975**	**1982**	II	5,2	4,5	4,6	4,0	18,3	6,3
1718,5	1684,8	1718,5	1718,5							
2608,0	2624,9	2817,0	2881,1	I	2,8	2,8	3,0	2,3	10,9	3,9
2262	**2172**	**2336**	**2341**	II	3,2	2,9	3,3	2,6	12,0	4,2
1856,6	1536,5	1651,1	1601,6							
2257,6	2325,0	2257,6	2190,2	I	5,0	4,0	4,5	3,7	17,2	6,3
2032	**1941**	**1985**	**1922**	II	4,7	4,8	4,8	4,0	18,3	6,7
1853,3	1718,5	1718,5	1734,0							
3201,1	2998,9	2897,9	2830,5	I	3,3	3,3	3,2	3,3	13,2	5,0
2578	**2467**	**2473**	**2487**	II	3,8	3,0	3,6	3,0	13,4	5,1
2190,2	2089,2	2190,2	2122,8							

[1]) Wegen der Verschiedenheit der ermittelten Festigkeitswerthe ist von der Angabe eines Mittelwerthes abgesehen worden.

1.	2.	3.	4.		5.	6.	7.	8.
Laufende Nr.	Bezeichnung und Ursprung des Steines bezw. Name des Antragstellers	Farbe	Seitenlänge des Würfels	Gedrückte Fläche	Eigenes Gewicht	Raumgewicht	Wasseraufnahme in % des Trockengewichtes nach 12 Std.	Wasseraufnahme in % des Trockengewichtes nach 125 Std. (satt)
			cm	qcm	kg		%	%
								2. Hornblende-
61	Diorit-Gestein aus der Gemeinde Werdohl (Kreis Altena in Westfalen); Antr.: Conrad Mihr zu Cöln a. Rh.	schwarz	4	16	0,175	2,527	0,58	0,81
62	Diabas aus dem Wäschegrund bei St. Andreasberg	grünlich-grau	4	16	0,197	2,781	0,10	0,10
								3.
63	Grünstein; Journ.-Nr. 10448	grau-schwarz	4	16	0,195	—	—	—
64	Grünstein-Melaphyr; Journ.-Nr. 11044—11050	graugrün-melirt	4	16	0,175	2,652	0,34	0,34
								4.
65	Quarz-Porphyr aus dem am Gaudlitzberge bei Zwochau belegenen Steinbruche, dem Rittergutsbesitzer A. von Schönberg-Tammenhain auf Schloß Tammenhain gehörig	graumelirt	4	16	0,174	2,638	0,58	0,75
66	Quarz-Porphyr aus dem am Lobenberg bei Hohburg belegenen Steinbruche, dem Rittergutsbesitzer A. von Schönberg-Tammenhain auf Schloß Tammenhain gehörig	bräunlich-graumelirt	4	16	0,179	2,580	0,57	0,96
67	Porphyr aus dem Steinbruche am Petersberg bei Halle a. S., dem Dr. H. Neubaur zu Krosigk bei Löbejün gehörig	braun-melirt	4	16	0,170	2,517	0,12	0,66
								5. Trachyt-
68	Basaltlava aus dem bei Cottenheim und Mayen gelegenen Steinbruche, Joh. Ohlig zu Andernach gehörig	grau-schwarz	5	25	0,305			
69	Basaltlava aus dem in Plaidt gelegenen Steinbruche von Joh. Ohlig in Andernach	grau-schwarz	5	25	0,376			
								6. Augit-
70	Basalt aus dem in der Gemeinde Hasenpohl belegenen Basaltbruche Steinringsberg, Albert Meyers zu Oberdollendorf a./Rh. gehörig	schwarz-grau	4	16	0,195	—	0,21	0,21
71	Basalt aus dem Steinbruche Blasiusberg bei Frickhofen im Westerwald, der Basalt-Actien-Gesellschaft zu Linz a./Rh. gehörig	grau-schwarz	4	16	0,204	2,994	0,59	0,59

9.	10.	11.	12.	13.						
Druckfestigkeit				Abnutzbarkeit						
lufttrocken	wassersatt	nach der Beanspruchung durch Frost (bei −12 bis −15 C°)		Probe Nr.	Gewichtsverlust					Verlust in ccm
					Versuch Nr.				Gesammt-Gewichtsverlust	
		an der Luft	unter Wasser		1	2	3	4		
kg/qcm					g	g	g	g	g	
gesteine.										
4751,1	4818,5	4481,6	4919,6	I	4,0	3,3	3,2	3,6	14,1	5,6
3916	**3686**	**3568**	**3484**	II	3,8	3,9	3,4	3,7	14,8	5,9
3100,0	2493,5	2729,6	2493,5							
2594,6	2325,0	2527,2	2560,9	I	11,2	10,9	10,5	11,0	43,6	15,7
2180	**1993**	**1963**	**1887**	II	8,9	9,5	9,3	9,2	36,9	13,3
1836,0	1684,8	1651,1	1516,3							
Ophiolite.										
3639,2										
2985										
2223,9										
3369,6	2796,8	3066,3	2628,3	I	5,5	5,0	4,7	4,5	19,7	7,4
2788	**2554**	**2596**	**2359**	II	5,5	5,5	4,7	5,1	20,8	7,8
2361,7	2358,7	2190,2	2089,2							
Porphyre.										
3133,7	2931,6	3032,6	2975	I	5,5	5,7	5,0	5,4	21,6	8,2
2889	**2576**	**2674**	**2701**	II	5,4	5,4	5,4	4,8	21,0	8,0
2628,3	2156,5	2223,9	2240,7							
3116,8	3100,0	3082,9	3369,6	I	5,0	4,7	4,4	4,2	18,3	7,1
2938	**2738**	**2842**	**2981**	II	5,5	5,0	4,8	3,9	19,2	7,4
2779,9	2527,2	2576,9	2769,5							
2796,8	2965,2	2796,8	2628,3	I	4,0	3,3	4,0	3,5	14,8	5,9
2482	**2488**	**2469**	**2457**	II	3,2	3,4	3,4	3,3	13,3	5,3
2156,5	2105,2	2055,5	2255,0							
gesteine.										
1188,0										
949										
712,8										
1944,0										
1726										
1555,2										
gesteine.										
4515,3	4380,5									
3994	**3808**									
3153,7	3032,6									
4582,7	4481,6	4751,1	4380,5	I	4,8	5,1	5,2	5,2	20,3	6,8
4117	**3948**	**4140**	**4150**	II	5,5	5,6	5,2	5,0	21,3	7,1
3571,8	3335,9	3605,5	3976,1							

1.	2.	3.	4.		5.	6.	7.	8.
Laufende Nr.	Bezeichnung und Ursprung des Steines bezw. Name des Antragstellers	Farbe	Seitenlänge des Würfels	Gedrückte Fläche	Eigenes Gewicht	Raumgewicht	Wasseraufnahme in % des Trockengewichtes nach 12 Std.	Wasseraufnahme in % des Trockengewichtes nach 125 Std. (satt)
			cm	qcm	kg		%	%
72	Basalt aus dem Steinbruche Hummelsberg bei Linz a./Rh., der Basalt-Actien-Gesellschaft zu Linz a./Rh. gehörig	grauschwarz	4	16	0,202	3,061	0,45	0,45
73	Basaltproben aus dem Bruche Käuser-Steimel bei Kausen (Bürgermeisterei Gebhardshain); Antr.: Firma Westerwälder Basaltbrüche zu Eiserfeld	schwarz	4	16	0,206	2,889	0,0	0,0
74	Lohrberger Dolerit aus dem Steinbruche der Firma G. Spindler & Söhne zu Königswinter	hellgraumelirt	5	25	0,314	—	—	—
75	Basalt aus dem in der Gemeinde Hausen gelegenen Steinbruche Malbergskopf, J. Pohlig zu Köln gehörig	schwarz	4	16	0,206	2,843	0,0	0,0
	B. Geschichtete							
	1.							
76	Rother Quarzit vom Schlüsselberg Gemeinde-Bergheim (Elsaß); Antr: Steinbruchbesitzer E. Fried. Meyer zu Freiburg i. Baden	roth	4	16	0,172	—	—	—
77	Quarzsandstein; Journ.-Nr. 11415—11421	hellbraun	4	16	0,172	2,579	0,4	1,1
78	Quarzit aus Spangenberg	weißgrau	4	16	0,184	—	—	—
	2. Thon-							
79	Lenneschiefer; Antr.: Baumeister Alb. Schmidt zu Lennep	grau	4	16	0,175	2,679	0,59	1,35
80	Lenneschiefer aus dem Thale der Wupper bei Müngsten; Antr.: Königl. Eisenbahn-Direktion Elberfeld	grau	4	16	0,178	2,783	0,56	0,79
81	Lenneschiefer; Ursprungsangabe nicht gestattet	grünlichgrau	4	16	0,185	2,615	0,11	0,55
82	Schiefer aus der im Distrikt Forstbann von Breitenthal belegenen Schiefergrube von P. Loh zu Mörschied; Antr.: Jean St. Amand zu Straßburg	blaugrau	5	25	0,360	2,856	—	—
					0,360	—	—	—

9.	10.	11.	12.	13.						
Druckfestigkeit				Abnutzbarkeit						
lufttrocken	wassersatt	nach der Beanspruchung durch Frost (bei −12 bis −15 C°)		Probe Nr.	Gewichtsverlust					Verlust in ccm
		an der Luft	unter Wasser		Versuch Nr.				Gesammt-Gewichtsverlust	
					1	2	3	4		
kg/qcm					g	g	g	g	g	
4110,9	3976,1	3908,7	4077,2	I	7,4	6,6	7,0	6,2	27,2	8,9
3568	**3453**	**3442**	**3587**	II	7,5	5,8	6,9	6,8	27,0	8,8
3066,3	2695,7	3100,0	2931,6							
4178,3	4110,9	3908,7	3807,6	I	4,9	6,2	5,7	5,3	22,1	7,6
3673	**3259**	**3319**	**2963**	II	4,7	5,5	5,0	5,5	20,7	7,2
3100,0	2695,7	2426,1	2358,7							
1512,0										
1119										
874,8										
5357,7	5526,8	5458,8	5594,2	I	6,1	5,5	4,8	5,5	21,9	7,7
4963	**4883**	**4884**	**4856**	II	4,8	4,0	4,3	4,4	17,5	6,2
4650,0	4582,7	4346,8	4346,8							

Gesteine.

Quarzite.

2257,6										
1626										
1145,7										
2796,8	2931,6	3133,7	3066,3	I	4,6	4,0	3,9	3,4	15,9	6,2
2551	**2499**	**2512**	**2875**	II	3,6	3,6	3,9	3,5	14,6	5,7
2274,6	1988,1	1920,7	1853,3							
2763,1										
2379										
2089,2										

Schiefer.

943,5	916,5	926,5	1078,3	I	19,0	18,7	23,1	18,2	79,0	29,5
⊥ **821**	**789**	**806**	**764**	II	19,8	20,2	20,9	19,3	80,2	29,9
741,3	528,5	552,6	491,7							
960,2										
∥ **791**										
690,7										
1988,1	1583,7	1381,5	1853,3	I	23,8	12,4	11,1	19,3	66,6	23,9
1355	**1206**	**1166**	**1258**	II	22,0	17,6	16,5	15,3	71,4	25,7
977,2	842,4	741,3	707,6							
1583,7	1095,0	1364,0	1651,1	I	23,0	19,5	18,2	23,5	84,2	32,2
1361	**906**	**1181**	**1381**	II	9,2	13,2	16,8	16,1	55,3	21,1
1230,0	825,2	1010,9	1128,0							
1641,6				I	33,6	33,9	57,8	35,9	161,2	56,4
⊥ **1396**				II	42,9	46,6	40,1	59,8	189,4	66,3
1188,0										
1058,4										
∥ **922**										
799,2										

1.	2.	3.	4.		5.	6.	7.	8.
Laufende Nr.	Bezeichnung und Ursprung des Steines bezw. Name des Antragstellers	Farbe	Seitenlänge des Würfels	Gedrückte Fläche	Eigenes Gewicht	Raumgewicht	Wasseraufnahme in % des Trockengewichtes nach 12 Std.	Wasseraufnahme in % des Trockengewichtes nach 125 Std. (satt)
			cm	qcm	kg		%	%
	II. Versteinerung führende							
	1. Kalk-							
83	Kalkstein; Ursprungsangabe nicht gestattet	bräunlichgrau	4	16	0,166	2,463	0,61	1,04
84	Kalkstein; Ursprungsangabe nicht gestattet	grauschwarz	4	16	0,182	2,583	0,39	0,50
85	Kalkstein aus St. Joire; Antr.: Steinmetzmeister und Bauunternehmer Joh. Pet. Radermacher zu Aachen	gelblich weiß	5	25	0,305	—	—	—
86	Kalkstein; Journ.-Nr. 11449	gelblich	5	25	0,340	—	—	—
87	Kalkstein; Journ.-Nr. 11547—11550	gelblich	5	25	—	—	4,3	5,1
88	Laaser-Marmor aus dem Marmorwerke in Laas, Vintschgau, Tirol, der Direktion der Union-Baugesellschaft zu Wien gehörig	weiß	5	25	0,344	2,533	0,38	0,38
89	Sterzinger-Marmor aus den Tiroler Marmor- und Porphyr-Werken in Sterzing, der Direktion der Union-Baugesellschaft zu Wien gehörig	weißbläulich	5	25	0,342	2,652	0,33	0,33
90	Bruchstein aus Muschelkalkformation; Antr.: Kaiserl. Fortifikation zu Straßburg	grau	4	16	0,174	—	—	—
91	Kalkstein aus dem im Hefel im Hesperthale zwischen Werden und Kupferdreh am Fuße des Velberter Berges belegenen Kalksteinbruche, der Verwalt. d. Zeche Stolberg zu Kupferdreh gehörig	schwarz	4	16	0,179	—	—	—
92	Kalkstein	hellgrau	5	25	0,349	2,622	0,23	0,23
93	Kalkstein aus dem Bruche im Hefel im Hesperthale zwischen Werden und Kupferdreh am Fuße des Velberter Berges, der Verwaltung der Zeche Stolberg zu Kupferdreh gehörig	schwarz	4	16	0,182	—	0,0	0,0
	2. Dolo-							
94	Dolomit; Journ.-Nr. 11812—11818	grau	4	16	0,168	2,507	1,8	2,3
	3. Sand-							
95	Sandstein; Journ.-Nr. 10433	graugelb	6	36	0,449	—	—	—
96	Sandstein; Journ.-Nr. 10437—10439	hellgrau	5	25	0,219	1,925	—	—

[1]) Wegen der Verschiedenheit der ermittelten Festigkeitswerthe ist von der Abgabe eines Mittelwerthes abgesehen worden.

9.	10.	11.	12.	13.							
Druckfestigkeit				Abnutzbarkeit							
lufttrocken	wassersatt	nach der Beanspruchung durch Frost (bei −12 bis −15 C°)		Probe Nr.	Gewichtsverlust						Verlust in ccm
					Versuch Nr.				Gesammt-Gewichtsverlust		
		an der Luft	unter Wasser		1	2	3	4			
kg/qcm					g	g	g	g	g		

schichtige Felsarten.

Kreide.

2358,7	1887,0	1954,4	1819,6	I	15,7	13,4	14,7	14,0	57,8	**23,5**
1840	**1614**	**1681**	**1567**	II	12,9	12,0	13,2	11,5	49,6	**20,1**
1448,9	1482,6	1415,2	1280,4							
2830,5	2392,4	2796,8	2493,5	I	13,4	12,7	12,2	12,4	50,7	**19,6**
2500	**2116**	**2237**	**1991**	II	12,3	12,3	12,2	12,0	48,8	**18,9**
2089,2	1819,6	1887,0	1684,8							
1058,4										
750										
540,0										
1177,0										
874										
540,0										
—	1080,0	885,6	1166,4							
	908	**716**	**783**							
	669,6	583,2	626,4							
1144,8	1080,0	1123,2	1036,8							
1064	**957**	**1022**	**979**							
972,0	885,6	950,4	928,8							
1036,8	885,6	939,0	950,4							
988	**813**	**881**	**864**							
928,8	766,4	723,0	766,0							
1920,7										
1519										
1044,6										
1887,0										
1405										
1044,6										
2030,4	1749,6	1987,2	1641,6							
1433	**1476**	**1477**	**1421**							
907,2	1144,8	1144,8	1101,6							
—	2035,3	1745,5	1809,5							
	1518	**1406**	**1487**							
	1139,0	1135,6	1139,0							

Kalke.

1347,8	1310,0	1277,0	1280,4	I	16,5	14,2	13,9	15,6	60,2	**24,0**
1173	**1159**	**1078**	**1101**	II	11,0	15,8	12,8	15,7	55,3	**22,1**
1010,9	997,0	950,0	909,8							

Kalksteine.

720										
658										
570										
466,6				I	23,2	12,0	19,3	17,7	72,2	**37,5**
—[1])				II	13,2	14,6	23,5	14,8	66,1	**34,3**
123,1										

THE NEW YORK PUBLIC LIBRARY
ASTOR, LENOX AND TILDEN FOUNDATIONS

1.	2.	3.	4.		5.	6.	7.	8.
Laufende Nr.	Bezeichnung und Ursprung des Steines bezw. Name des Antragstellers	Farbe	Seitenlänge des Würfels	Gedrückte Fläche	Eigenes Gewicht	Raumgewicht	Wasseraufnahme in % des Trockengewichtes nach 12 Std.	Wasseraufnahme in % des Trockengewichtes nach 125 Std. (satt)
			cm	qcm	kg		%	%
97	Sandstein; Journ.-Nr. 10440—10446	grau	5	25	0,275	2,183	6,6	6,7
98	Sandstein; Journ.-Nr. 10452—10458	weißgrau	5	25	0,268	2,019	7,2	7,7
99	Sandstein aus dem zu Deutmannsdorf Kreis Löwenberg gelegenen Steinbruche, dem Hof-Steinmetzmeister L. Niggl zu Breslau gehörig	gelb	5	25	0,248	2,000	7,3	8,1
100	Desgl.	weiß	5	25	0,239	2,020	8,4	9,1
101	Sandstein aus dem am Süntelgebirge belegenen Steinbruche, dem Steinbruchbesitzer F. W. Wellhausen z. Holtensen b. Hameln gehörig	gelb	5	25	0,270	2,175	4,1	5,1
102	Sandstein; Journ.-Nr. 10719—10725	hellgrau	5	25	0,260	2,041	6,6	8,0
103	Sandstein; Journ.-Nr. 10737—10744	hellgrau	5	25	0,242	2,064	9,5	10,5
104	Sandstein aus dem am Hilse bei Stroit (Kreis Gandersheim) belegenen Steinbruche; Antr.: Stadtbaurath L. Winter zu Braunschweig	grauweiß	6	36	0,440	—	8,4	9,3
105	Sandstein; Antr.: C. Plaßmann zu Soest	gelblich-grau	6	36	0,450	—	—	—
106	Schlesischer Sandstein aus den bei Bunzlau gelegenen Alt-Warthauer Steinbrüchen, dem Königl. Hof-Steinmetzmeister Otto Metzing zu Berlin gehörig	grauweiß	5	25	0,255	1,955	7,6	7,6
107	Sandstein aus den in der Gemeinde Gondorf (Eisenbahnstation Philippstein am Kyll) geleg. Steinbrüchen, der Firma August Mungenast zu Saarburg bei Trier gehörig	bräunlich-roth	5	25	0,280	2,208	4,3	5,2
108	Sandstein aus den auf dem Baumberge zu Nottuln bei Münster i. W. belegenen Brüchen, dem Steinbruchbesitzer H. Ledermann zu Nottuln gehörig	gelblich-weiß	10	100	2,105	—	—	—
109	Sandsteinproben; Antr.: Steinbruchbesitzer L. Reiberg zu Billerbeck i. W.	grau	5	25	0,273	—	—	—

9.	10.	11.	12.	13.						
Druckfestigkeit				Abnutzbarkeit						
lufttrocken	wassersatt	nach der Beanspruchung durch Frost (bei −12 bis −15 C°)		Probe Nr.	Gewichtsverlust					Verlust in ccm
					Versuch Nr.				Gesammt-Gewichtsverlust	
		an der Luft	unter Wasser		1	2	3	4		
kg/qcm					g	g	g	g	g	
604,8	514,1	540,0	384,6	I	14,2	15,6	12,6	16,2	58,6	**26,8**
512	**425**	**400**	**340**	II	14,3	17,3	19,7	18,6	69,9	**32,0**
410,4	369,4	328,3	306,7							
691,2	587,5	650,2	691,2	I	20,5	24,7	21,8	23,4	90,4	**48,8**
619	**546**	**561**	**569**	II	22,8	27,2	23,8	22,1	95,9	**47,5**
559,4	496,8	496,8	475,2							
593,2	500,8	503,1	569,6	I	7,3	6,4	6,4	7,9	28,0	**14,0**
478	**405**	**415**	**430**	II	13,5	7,0	15,0	6,9	42,4	**21,2**
377,2	359,6	345,6	322,0							
453,6	369,4	451,4	360,7	I	34,2	13,5	10,1	30,4	88,2	**48,7**
379	**330**	**319**	**324**	II	24,1	18,5	18,4	28,0	89,0	**44,1**
308,9	283,0	259,2	278,6							
950,4	934,9	820,8	811,4	I	14,3	9,8	9,3	10,8	44,2	**20,3**
836	**736**	**702**	**715**	II	13,0	14,5	14,2	11,7	53,4	**24,6**
712,8	589,2	561,6	583,2							
606,9	585,3	604,8	615,3	I	7,5	8,3	13,9	5,7	35,4	**17,3**
565	**547**	**539**	**519**	II	7,4	12,4	10,2	14,0	44,0	**21,6**
524,7	479,4	462,0	453,6							
379,2	338,0	359,6	345,6	I	40,5	55,3	11,4	47,5	154,7	**75,0**
⊥ **312**	**266**	**290**	**293**	II	11,5	36,5	51,3	25,2	124,5	**60,3**
247,8	194,4	216,0	205,2							
332,5										
∥ **277**										
205,2										
711,6	614,2	644,1	554,3							
609	**483**	**527**	**500**							
426,9	347,5	434,4	449,4							
341,5										
274										
242,7										
691,2	658,0	648,0	648,0	I	22,5	19,0	18,7	17,6	77,8	**39,8**
⊥ **583**	**546**	**504**	**556**	II	19,8	19,0	23,0	19,4	81,2	**41,5**
518,4	432,0	420,4	416,4							
604,8										
∥ **530**										
453,6										
960,4	842,4	844,4	956,4	I	27,2	28,2	31,5	26,6	113,5	**51,4**
877	**787**	**786**	**819**	II	31,0	27,5	26,9	26,9	112,3	**50,9**
777,6	734,4	712,8	723,0							
423,2										
328										
231,8										
583,2										
447										
298,1										

1.	2.	3.	4.		5.	6.	7.	8.
Laufende Nr.	Bezeichnung und Ursprung des Steines bezw. Name des Antragstellers	Farbe	Seitenlänge des Würfels	Gedrückte Fläche	Eigenes Gewicht	Raumgewicht	Wasseraufnahme in % des Trockengewichtes nach 12 Std.	Wasseraufnahme in % des Trockengewichtes nach 125 Std. (satt)
			cm	qcm	kg		%	%
110	Sandstein aus den in der Umgebung von Holzminden am Solling belegenen Steinbrüchen, der Administration der Sollinger Steinbrüche Haarmann & Co. zu Holzminden gehörig	bräunlichgrau	6	36	0,598	2,341	3,6	3,7
					0,523	—	—	—
111	Sandstein I aus dem am Liebfrauenberge an der Quedlinburg-Halberstädter-Chaussee gelegenen Steinbruche des Magistrats zu Quedlinburg	weißgelb	7,1	50	0,693	—	—	—
112	Sandstein II aus dem am Liebfrauenberge an der Quedlinburg-Halberstädter-Chaussee gelegenen Steinbruche des Magistrats zu Quedlinburg	weißgelb	7,1	50	0,670	—	—	–
113	Sandstein III aus dem am Liebfrauenberge an der Quedlinburg-Halberstädter-Chaussee gelegenen Steinbruche des Magistrats zu Quedlinburg	desgl.	7,1	50	0,697	—	—	—
114	Sandstein aus d. im Gemeindebezirk Berga a. E. belegenen Steinbruche, dem Rittergutsbesitzer Ernst Semmel zu Gera Untermhaus auf Schloß Berga a. E. gehörig	bräunlichgrau	5	25	0,270	2,112	6,4	6,5
115	Sandstein aus dem im Banne Oberbettingen gelegenen Steinbruche, dem Steinmetzmeister und Steinbruchbesitzer Math. Dümmer zu Oberbettingen bei Hillesheim (Eifel) gehörig	bräunlichroth	5	25	0,284	2,00	7,2	7,7
					0,277	—	—	—
116	Sandstein; Journ.-Nr. 11642	hellgrau	10	100	2,155	—	—	—
117 [1]	Sandstein aus dem in Wünschelburg im Heuscheuer Gebirge belegenen Pachtsteinbruche des Königl. Hof-Steinmetzmeisters C. Schilling zu Berlin	gelblichgrau	6,5	42,25	0,591	2,157	5,1 5,0 [2]	5,3 5,3 [2]
					0,590	—	—	—
118	Sandstein; Journ.-Nr. 11730	rothbraun	5	25	0,245	—	—	—
119	Sandstein aus dem Steinbruche auf dem Glashütterhofe — Gemeinde Hassel, dem Freiherrn von Louisenthal zu Glashütterhof bei Niederwürzbach gehörig	röthlichhellgrau	5	25	0,237	2,009	8,2	9,6
120	Sandstein aus dem von der Gemeinde Mutzig gepachteten Steinbruche Felsburg bei Mutzig i. Elsaß, der Baugesellschaft Schöttle & Schuster zu Mutzig i. Elsaß gehörig	gelblichgrau	5	25	0,270	2,184	6,1	6,9
					0,269	—	—	—

[1] Druckfestigkeit nach der Beanspruchung durch Feuer:
langsam an der Luft abgekühlt { 648,6 kg/qcm, 566 „, 455,4 „ }
plötzlich durch Einsenkung in Wasser abgekühlt { 527,4 kg/qcm, 437 „, 358,8 „ }

[2] Die in Sp. 7 u. 8 angegebenen Zahlen sind Werthe für die Wasseraufnahme von Platten mit den Abmessungen 25 . 12 . 3 cm.

9.	10.	11.	12.	13.						
Druckfestigkeit				Abnutzbarkeit						
lufttrocken	wassersatt	nach der Beanspruchung durch Frost (bei −12 bis −15 C°)		Probe Nr.	Gewichtsverlust					Verlust in ccm
		an der Luft	unter Wasser		Versuch Nr.				Gesammt-Gewichtsverlust	
					1	2	3	4		
kg/qcm					g	g	g	g	g	
1138,5	980,7	943,7	1078,6	I	22,6	14,3	19,5	14,2	70,6	30,2
⊥ **1014**	**843**	**849**	**903**	II	19,5	18,0	18,7	16,5	72,7	31,1
913,8	749,0	674,1	793,9							
1108,5										
∥ **957**										
808,9										
164,2										
98										
61,6										
86,4										
68										
51,8										
113,4										
60										
32,4										
475,2	324,0	345,6	287,3	I	9,4	24,7	25,0	18,3	77,4	36,6
316	**212**	**199**	**212**	II	17,8	25,5	22,7	15,5	81,5	38,6
237,6	118,8	151,2	110,0							
453,6	432,0	365,0	421,1	I	40,5	22,4	12,0	8,7	83,6	41,8
⊥ **360**	**309**	**308**	**358**	II	31,3	16,1	5,6	5,4	58,4	29,2
280,8	258,0	324,0	278,6							
453,6										
∥ **343**										
259,2										
706,2										
596										
398,9										
731,4	648,6	607,2	524,4	I	13,7	12,0	17,8	15,5	59,0	27,4
⊥ **576**	**489**	**493**	**466**	II	11,5	18,4	12,6	18,1	60,6	28,1
475,2	386,4	386,4	394,0							
621,0										
∥ **519**										
455,4										
546,0										
414										
324,0										
332,6	280,8	278,6	216,0	I	20,9	31,3	49,3	58,5	160,0	79,6
196	**154**	**180**	**146**	II	26,0	39,0	29,3	48,5	142,8	71,1
97,2	90,7	101,5	99,4							
712,8	648,0	618,0	594,0	I	16,5	9,5	9,9	4,8	40,7	18,6
⊥ **611**	**515**	**544**	**514**	II	17,0	6,0	7,5	10,7	41,2	18,9
540,0	432,0	522,8	442,8							
626,4										
∥ **560**										
453,6										

Bruchfestigkeit der Platten mit den Abmessungen 25 . 12 . 3 cm; l = 20 cm, W = 18.

a) lufttrocken		b) wassersatt		c) ausgefroren an der Luft		d) ausgefroren unter Wasser	
P	$K = \frac{Pl}{4W}$	P	$K = \frac{Pl}{4W}$	P	$K = \frac{Pl}{4W}$	P	$K = \frac{Pl}{4W}$
179,0 kg	50,1 kg/qcm	152,4 kg	42,7 kg/qcm	163,8 kg	45,9 kg/qcm	130,8 kg	36,5 kg/qcm
152 „	43 „	110 „	31 „	112 „	31 „	105 „	29 „
129,1 „	36,- „	74,0 „	20,7 „	79,9 „	22,4 „	76,0 „	21,3 „

1.	2.	3.	4.		5.	6.	7.	8.
Laufende Nr.	Bezeichnung und Ursprung des Steines bezw. Name des Antragstellers	Farbe	Seitenlänge des Würfels	Gedrückte Fläche	Eigenes Gewicht	Raumgewicht	Wasseraufnahme in % des Trockengewichtes nach 12 Std.	Wasseraufnahme in % des Trockengewichtes nach 125 Std. (satt)
			cm	qcm	kg		%	%
121	Sandstein aus dem von der Gemeinde Mutzig gepachteten Steinbruche Felsburg bei Mutzig i. Elsaß, der Baugesellschaft Schöttle & Schuster zu Mutzig i. Elsaß gehörig	braunroth	5	25	0,266	2,143	6,3	7,3
					0,265	—	—	—
122	Sandstein aus dem Bruche von H. Walther zu Gehnsdorf bei Rackwitz i. Schlesien; Antr: Kgl. Hof-Steinmetzmeist. Otto Metzing zu Berlin	weiß	5	25	0,248	2,004	7,1	7,4
					0,245	—	—	—
123	Sandstein aus den dem Dominium Waltersdorf gehörigen Hußdorfer Brüchen; Antr.: Kgl. Hof-Steinmetzmeister Otto Metzing zu Berlin	weiß	5	25	0,300	2,216	2,7	3,1
					0,300	—	—	—
124	Sandstein aus dem in der Gemarkung Landstuhl gelegenen von der Freiherrlich Carl von Stumm-Halbergschen Forstverwaltung gepachteten Steinbruche des Steinbruchbesitzer J. K. Frieß & Müller zu Landstuhl	bräunlich-roth	5	25	0,248	2,032	6,9	7,6
125	Sandstein aus dem im Neunkirchener Schallenberg gelegenen, dem Ackerer Joh. Joseph Müller gehörenden Steinbruche; Antr.: Pastor Fuchs zu Neunkirchen, Kreis Merzig	hellgrau	5	25	0,257	—	—	—
126 [1]	Sandstein I; Journ.-Nr. 12228	roth	10	100	2,060	—	—	—
127 [1]	Sandstein II; Journ.-Nr. 12229	blaßroth	10	100	2,130	—	—	—
128 [1]	Sandstein III; Journ.-Nr. 12230	verschieden gefärbt	10	100	1,980	—	—	—
129	Sandstein aus dem Steinbruche Braudenberg	weißgrau	5	25	0,272	—	5,1	5,7
130	Sandstein aus dem Steinbruche Herrenwald	weiß-gelblich	5	25	0,265	—	6,4	7,0

[1]) Die Steine sind den Trümmern des eingestürzten Thurmes der Kirche zu Malstatt-Burbach entnommen.

9.	10.	11.	12.	13.						
Druckfestigkeit				Abnutzbarkeit						
lufttrocken	wassersatt	nach der Beanspruchung durch Frost (bei −12 bis −15 C°)		Probe Nr.	Gewichtsverlust					Verlust in ccm
					Versuch Nr.				Gesammt-Gewichtsverlust	
		an der Luft	unter Wasser		1.	2	3	4		
kg/qcm					g	g	g	g	g	
636,0	561,6	566,0	555,9	I	12,0	7,7	10,0	15,6	45,3	21,1
⊥ 571	478	485	478	II	14,0	6,8	13,8	18,6	53,2	24,8
524,9	421,2	432,0	410,4							
604,8										
∥ 559										
514,1										
514,1	501,2	499,0	522,8	I	27,9	22,0	21,5	22,1	93,5	46,7
⊥ 446	400	401	397	II	19,3	22,7	23,2	25,1	90,3	45,1
347,8	343,4	319,7	337,0							
473,1										
∥ 382										
306,7										
972,0	974,0	864,0	842,4	I	7,8	6,7	7,0	5,5	27,0	12,2
⊥ 777	748	721	695	II	7,3	6,4	6,9	6,9	27,5	12,4
646,0	626,4	646,0	615,0							
604,8										
∥ 538										
453,6										
691,2	598,4	612,8	648,0	I	20,0	13,7	14,5	14,8	63,0	31,0
529	430	503	492	II	24,2	15,7	22,3	20,5	82,7	40,7
328,3	302,4	380,2	321,8							
380,2										
316										
259,2										
398,9										
337										
291,1										
560,7										
407										
328,9										
350,4										
298										
231,8										
691,2	626,4	626,4	669,6							
578	525	462	462							
442,8	395,3	378,0	356,4							
665,0	462,2	561,6	512,0							
458	384	370	343							
324,0	302,4	280,8	259,2							

THE NEW YORK PUBLIC LIBRARY
ASTOR, LENOX AND TILDEN FOUNDATIONS.

1.	2.	3.	4.		5.	6.	7.	8.
Laufende Nr.	Bezeichnung und Ursprung des Steines bezw. Name des Antragstellers	Farbe	Seitenlänge des Würfels	Gedrückte Fläche	Eigenes Gewicht	Raumgewicht	Wasseraufnahme in % des Trockengewichtes nach 12 Std.	Wasseraufnahme in % des Trockengewichtes nach 125 Std. (satt)
			cm	qcm	kg		%	%
131 [1]	Sandstein aus dem in Alt-Warthau belegenen (vormals Ottoschen) Bruche, dem Kgl. Hof-Steinmetzmeister Carl Schilling zu Berlin gehörig	weiß	6	36	0,460	1,969	6,2 6,7 [2]	7,3 7,2 [2]
					0,459	—	—	—
132	Sandstein aus dem bei Kochern in Lothringen belegenen Steinbruche von August Mungenast zu Saarburg bei Trier	hellgrau	5	25	0,266	1,985	5,7	6,8
133	Sandstein aus dem Wingertthal	roth	5	25	0,279	2,083	5,5	6,1
134	Sandstein aus dem im Süntel bei Münder gelegenen Pachtsteinbruche von Rudolf Schmidt zu Hannover	grau	5	25	0,268	2,099	4,9	6,0
135	Sandstein aus dem Ursberger Steinbruche bei Staudernheim, der Firma Spindler & Co. zu Königswinter a./Rh. gehörig	gelblich-grau	6	36	0,503	—	—	—
136	Sandstein; Journ.-Nr. 13073—13080	hellgrau	5	25	0,268	2,242	5,2	6,3
					0,266	—	—	—
137	Sandstein aus dem Steinbruche von Johannes Cuny in Heubach i. O.	blaßroth	5	25	0,303	—	—	—
138	Sandstein aus dem Steinbruche von Rud. Velke zu Velpke im Braunschweigischen	blau	5	25	0,320	—	—	—
139	Desgl.	grau	5	25	0,320	—	—	—
140	Sandstein — rother Eifler Feinkorn — aus dem im Banne Schleidweiler (Eifel) gelegenen Steinbruche, der Firma Sandsteinbruchbetrieb Franz Ritterath zu Trier gehörig	bräunlich-roth	6	36	0,469	—	—	—
141	Sandstein aus dem in der Gemeinde Pommerle bei Aussig in Böhmen gelegenen Steinbruche von Hermann Stolle zu Topkowitz a. E.	hellgrau	5	25	0,304	2,316	—	—

[1] Druckfestigkeit nach der Beanspruchung durch Feuer:
langsam an der Luft abgekühlt { 521,3 kg/qcm, 463 „, 404,5 „ }
plötzlich durch Einsenkung in Wasser abgekühlt { 284,6 kg/qcm, 220 „, 157,3 „ }

[2] Die in Sp. 7 u. 8 angegebenen Zahlen sind Werthe für die Wasseraufnahme von Platten mit den Abmessungen 25 . 12 . 3 cm.

9.	10.	11.	12.	13.						
Druckfestigkeit				Abnutzbarkeit						
lufttrocken	wassersatt	nach der Beanspruchung durch Frost (bei −12 bis −15 C°)		Probe Nr.	Gewichtsverlust					Verlust in ccm
		an der Luft	unter Wasser		Versuch Nr.				Gesammt-Gewichtsverlust	
					1	2	3	4		
kg/qcm					g	g	g	g	g	
711,6	546,8	591,7	546,8	I	15,3	9,0	22,7	21,3	68,3	34,7
⊥ 556	405	471	433	II	13,6	11,5	25,1	18,6	68,8	34,9
479,4	292,1	374,5	352,0							
651,6										
∥ 514										
411,9										
617,8	432,0	486,0	475,2	I	36,4	26,3	19,2	23,3	105,2	53,0
464	332	384	378	II	21,7	27,8	20,0	20,3	98,8	45,2
308,9	226,7	237,6	248,5							
820,8	764,4	540,0	492,5	I	22,7	16,8	9,1	6,4	55,0	26,4
576	527	449	418	II	21,8	13,1	15,5	16,0	66,4	31,9
442,8	399,6	384,5	380,2							
907,2	864,0	868,0	831,0	I	18,2	19,8	15,6	12,8	66,4	31,6
744	713	768	750	II	24,5	23,8	16,8	20,2	85,3	40,6
648,0	637,0	644,0	658,0							
428,4										
324										
247,2										
768,2	708,0	810,0	850,0	I	13,3	11,4	12,0	10,2	46,9	20,9
⊥ 655	586	596	646	II	14,6	11,4	12,9	10,8	49,7	22,2
563,8	503,4	440,6	518,4							
604,8										
∥ 421										
259,2										
648,0										
601										
566,0										
1987,2										
1538										
1231,2										
1792,8										
1538										
1231,2										
674,1										
549										
479,4										
744,7				I	12,9	11,9	12,3	11,8	48,9	21,1
663				II	12,4	12,5	11,2	10,4	46,5	20,1
594,0										

THE NEW YORK PUBLIC LIBRARY
ASTOR, LENOX AND TILDEN FOUNDATIONS

Bruchfestigkeit ermittelt an Platten mit den Abmessungen: 25 . 12 . 3 cm; l = 20 cm, W = 18.

a) lufttrocken		b) wassersatt		c) ausgefroren an der Luft		d) ausgefroren unter Wasser	
P	$K = \frac{Pl'}{4W}$	P	$K = \frac{Pl}{4W}$	P	$K = \frac{Pl}{4W}$	P	$K = \frac{Pl}{4W}$
319,4 kg	88,7 kg/qcm	282,6 kg	78,5 kg/qcm	371,3 kg	103,1 kg/qcm	415,3 kg	115,4 kg/qcm
238 „	66 „	204 „	57 „	236 „	66 „	251 „	70 „
191 „	53,1 „	182,9 „	50,8 „	175,8 „	48,8 „	187,0 „	51,9 „

1.	2.	3.	4.		5.	6.	7.	8.
Laufende Nr.	Bezeichnung und Ursprung des Steines bezw. Name des Antragstellers	Farbe	Seitenlänge des Würfels	Gedrückte Fläche	Eigenes Gewicht	Raumgewicht	Wasseraufnahme in % des Trockengewichtes nach 12 Std.	Wasseraufnahme in % des Trockengewichtes nach 125 Std. (satt)
			cm	qcm	kg		%	%
142	Sandsteinwürfel; Antr.: Hartmann & Hauers zu Hannover	hellgrau	5	25	0,262	2,067	5,7	7,2
143	Imprägnirte Sandsteinwürfel; Antr.: Hartmann & Hauers zu Hannover	hellgrau	5	25	0,268	2,164	4,9	7,5
144 [1]	Quarzsandstein von Bergheim (Elsaß) von E. Friedr. Meyer in Freiburg (Baden)	hellroth	5	25	0,333	2,598	—	—
145 [1]	Quarzsandstein von Böklinshofen (Elsaß) von E. Friedr. Meyer in Freiburg (Baden)	roth	5	25	0,328	2,550	—	—
146	Kupfersandstein; Ursprungsangabe nicht gestattet	gelblich-grau	5	25	0,328	2,362	0,3	1,3
147	Grauwacke; Journ.-Nr. 10 993—10 999	dunkel-grau	4	16	0,179	2,575	0,28	0,45
148	Steinproben von Plötzkyer Grauwacke; Antr.: Kaiserl. Fortifikation zu Cuxhaven	grau	4	16	0,174	2,563	0,58	1,23
149	Plötzkyer Grauwacke; Ursprungsangabe nicht gestattet	grau	4	16	0,175	2,786	0,58	0,75
150	Grauwacke aus dem im Herzogl. Anhalt. Forstrevier Harzgerode im Forstort Badeholz belegenen Steinbruche, Bering & Wächter zu Gernrode	schwarz-grau	4	16	0,180	—	—	—
	III. Konglomerate,							
151	Ettringer Tuffstein aus der Grube bei Ettringen, der Firma Johann Ohlig zu Andernach gehörig	gelblich-grau-melirt	5	25	0,212	—	—	—
152	Tuffstein; Journ.-Nr. 11 195	grau	5	25	0,205	—	—	—

[1] Die Abnutzungswerthe sind an Würfeln mit 25 qcm Schleiffläche ermittelt.

9.	10.	11.	12.	13.						
Druckfestigkeit				Abnutzbarkeit						
lufttrocken	wassersatt	nach der Beanspruchung durch Frost (bei −12 bis −15 C°)		Probe Nr.	Gewichtsverlust					Verlust in ccm
		an der Luft	unter Wasser		Versuch Nr.				Gesammt-Gewichtsverlust	
					1	2	3	4		
kg/qcm					g	g	g	g	g	
712,8	451,4	522,8	626,4	I	31,3	40,6	32,7	31,9	136,5	66,0
439	324	327	397	II	23,0	24,1	25,2	18,2	90,5	43,8
257,0	226,7	225,3	274,3							
636,0	512,0	615,0	533,5	I	11,6	75,6	84,5	61,9	233,6	107,9
487	434	514	387	II	6,2	96,5	76,3	85,9	264,9	122,4
369,4	382,3	337,0	300,2							
1641,6				I	2,9	2,2	2,7	2,4	10,2	8,9
1286				II	2,2	1,8	2,5	2,1	8,6	8,3
1026,0										
2916,0				I	2,8	2,8	2,3	2,3	10,2	4,0
1864				II	2,3	2,3	1,3	2,9	8,8	8,5
1339,2										
2052,0	2073,6	2376,0	2203,2	I	6,6	6,0	5,6	5,6	23,8	10,1
⊥ 1884	1829	1775	1870	II	7,2	6,8	5,8	6,1	25,9	11,0
1663,2	1620,0	1447,2	1576,8							
2008,8										
∥ 1838										
1641,6										
3149,7	2947,6	2812,8	2764,0	I	9,5	8,4	8,1	7,9	33,9	13,2
2715	2718	2540	2465	II	7,1	6,0	7,0	6,6	26,7	10,4
2459,8	2516,5	2257,6	2190,2							
2729,4	2712,0	2746,0	2763,1	I	4,7	5,0	4,8	4,4	18,9	7,4
2426	2384	2377	2388	II	4,7	4,7	4,7	4,7	18,8	7,3
2190,2	2122,8	2021,8	2089,2							
3032,6	2695,7	2695,7	2459,8	I	5,1	4,1	4,6	4,7	18,5	6,6
2635	2516	2287	2253	II	4,4	5,0	5,0	5,0	19,4	7,0
2089,2	2223,9	1887,0	1954,4							
2527,2										
2218										
2021,8										

THE NEW YORK PUBLIC LIBRARY
ASTOR, LENOX AND TILDEN FOUNDATIONS.

Breccien und Tuffe.

399,6										
317										
237,6										
358,6										
275										
194,4										

3. Prüfung von künstlichem Asphalt.

Vom Vorsteher der Abtheilung für Baumaterialprüfung, Ingenieur M. Gary.

Die Straßenbaugesellschaft Fritz Zoeller & Wolfers in Berlin (seit 1. Januar 1897 Zoeller, Wolfers, Dröge) beantragte die Prüfung der von ihr nach einem neuen Verfahren (D. R.-P. Nr. 83550) hergestellten komprimirten Asphaltsteine auf ihr Widerstandsvermögen gegen Eindrücke bei verschiedenen Wärmegraden.

Die Veröffentlichung der Versuchsergebnisse ist von der Firma bereitwilligst gestattet worden.

Bereits im Frühjahr 1895 war ein nach dem erwähnten Patent hergestellter künstlicher Asphalt auf Antrag der Rechtsvorgänger der oben genannten Firma in der Königlichen Prüfungsstation für Baumaterialien auf spezifisches Gewicht, Wasseraufnahme, Druckfestigkeit und Abnutzbarkeit geprüft worden.

Das Raumgewicht des Materials stellte sich bei dieser Prüfung auf 2,290. Die 4 . 4 . 4 cm großen 156 g schweren Würfel erwiesen sich als völlig undurchlässig für Wasser und ergaben im lufttrockenen Zustande eine Druckfestigkeit von 143 kg/qcm und bei einer Wärme von 15 C° eine mittlere Abnutzbarkeit von 3,25 ccm.

Diese Eigenschaften charakterisirten den neuen Baustoff als für Straßenbauzwecke sehr wohl verwendbar.

Die von verschiedenen Seiten angestellten Versuche, künstlichen Guß- oder Stampfasphalt aus Steinkohlenpech, Braunkohlenpech oder den Rückständen der Harz- oder Petroleum-Destillation durch Erhitzen mit Schwefel und späterem Zusatz von gebranntem oder ungebranntem Kalk, Silikaten u. s. w. herzustellen, schlugen zumeist fehl; der gewonnene Kunstasphalt besaß nicht die Zähigkeit des natürlichen Asphaltes, war deshalb zur Straßenpflasterung wenig geeignet.

Nach dem unter Nr. 83550 patentirten Verfahren wird nun das Pech — wie die Patentschrift angiebt — vor oder nach dem Erhitzen mit Schwefel und mit mehr oder weniger Chlorkalk bei Schmelzwärme des Peches behandelt, wobei die Menge des anzuwendenden Chlorkalkes nach der Beschaffenheit des Peches bemessen wird. In der Regel genügen 2—6%.

Das in der Patentschrift beschriebene Verfahren ist somit folgendes:

500 kg Pech werden, je nachdem ein weicherer oder härterer Asphalt erzielt werden soll, mit 10—40 kg Schwefel auf Schmelzwärme bis zum Aufhören der heftigen Reaktion erhitzt. Die zähe Masse wird dann mit 12 kg fein gesiebtem Chlorkalk durchmischt, nach dem Erkalten gemahlen und mit gepulvertem Kalkstein, gemahlener Schlacke, Sand, Eisenoxyd (Schwefelkiesabbrand) u. s. w. gemischt und nochmals bis zur Verbindung des Asphaltes mit dem Füllmaterial erhitzt oder gedarrt. Die so hergestellte Masse wurde früher auf einfachen Kniehebelpressen verdichtet.

Inzwischen ist das Verfahren sehr wesentlich verbessert worden. An Stelle von Pech wird Steinkohlentheer und als Zuschlagsmittel granulirte und gemahlene Hochofenschlacke benutzt, die in geeigneter Weise vorbereitet, gemischt und in hydraulischen Pressen bei 200 Atmosphären Druck verdichtet wird. Auf diese Weise werden Platten von 25 . 12,5 . 5 cm und 25 . 26,5 . 5 cm hergestellt, die bereits mit dem bisher in Berlin üblichen Naturasphalt in Wettbewerb getreten sind.

Der Zweck der Prüfung dieser Platten war, festzustellen, ob die auf der Kniehebelpresse und die auf der hydraulischen Presse unter höherem Druck hergestellten Platten aus Kunstasphalt verschiedenen Wärmeeinflüssen gegenüber, bei gleichzeitiger Druckbeanspruchung, unter einander sich ähnlich oder günstiger verhielten als der Natur-Stampfasphalt.

Die der Prüfung unterworfenen Platten waren nach Angabe der Antragstellerin:

A. Platten von 25 . 12,5 . 5 cm, welche nach dem neuesten Verfahren unter 200 Atmosphären Druck auf einer hydraulischen Presse hergestellt waren.

B. Platten von 25 . 12,5 . 5 cm, welche im Jahre 1896 mit Kniehebelpressen hergestellt und auf einer 300 qm großen Probestrecke auf der Saatwinkeler Chaussee bei Berlin verlegt waren; diese Platten waren an der unteren Seite, mit der sie augenscheinlich auf einer Unterbettung gelegen hatten, mehr oder weniger rissig. Wie tief diese Risse in die Steine hineingingen, konnte nicht festgestellt werden.

C. Platten von derselben Größe unter demselben Druck wie die unter A von der Antragstellerin aus sizilianischem Naturasphalt hergestellt.

Die Dicke der Platten von 5 cm entspricht der vorgeschriebenen Stärke des Asphaltbelages, welcher auf den Berliner Asphaltstraßen auf einer 20 cm starken Betonbettung eingestampft wird.

Der Vortheil des neuen Materials wird in der größeren Billigkeit, der bequemeren Art der Verlegung und der größeren Widerstandsfähigkeit gegen Eindrücke, namentlich bei starker Erwärmung des Pflasters durch die Sonne, gefunden. Auf den Berliner Asphaltstraßen besteht eine Schwierigkeit darin, das Pflaster unmittelbar neben den Pferdebahnschienen gegen die Stöße der die Schienen kreuzenden und von diesen abrollenden Wagenräder genügend widerstandsfähig zu machen. Man legte deshalb neben die Schienen Granitschwellen, erreichte aber damit nur, daß nun neben diesen der Asphaltbelag sich stärker als an anderen Stellen komprimirte und abnutzte und somit Unebenheiten entstanden, die zu vermeiden man bestrebt sein muß. Die Verwendung von gepreßten Platten aus Naturasphalt oder von Goudron mit mehr oder weniger Kieszusatz neben den Schienen bezw. Granitschwellen vermochten diesen Uebelstand nur theilweise zu beseitigen; es wird das nur gelingen wenn als Uebergangsmaterial ein der Härte des Granites bezw. Eisens näher kommender Stoff verwendet wird. Die Fabrikanten der neuen Kunstasphaltplatte halten diese für den angedeuteten Zweck besonders geeignet.

Da Versuche wie die vorliegenden bisher noch nicht ausgeführt waren, mußte das Prüfungsverfahren hierfür eigens ausgebildet werden und es galt zunächst, Versuche darüber anzustellen, welche Zeit erforderlich ist, um eine Asphaltplatte von 5 cm Stärke annähernd auf die Wärme der sie umgebenden Luft zu erwärmen.

Um die Wärmeaufnahmefähigkeit des Asphaltsteins der Sorte A und gleichzeitig die eines Holzprismas von denselben Abmessungen, wie die Asphaltsteine sie hatten, zu ermitteln, wurde an den Langseiten der Probekörper ein bis zur Mitte reichendes Loch angebracht, in welches Quecksilber gefüllt und dann je ein Thermometer eingekittet wurde.

Beide Proben wurden wiederholt bei wechselnder Wärme in einem Trockenschrank beobachtet.

Nach vier Stunden betrug bei 71 C° Wärme im Schrank die Wärme im Asphaltstein 66 C°, in der Holzprobe 61 C°, und bei 66 C° Wärme im Schrank stieg nach vier Stunden die Wärme in dem Asphaltstein auf 57 C°, in dem Holz auf 55 C°.

Weitere Wärmesteigerung wurde bei gleichbleibender Außenwärme während der Versuchszeit in beiden Proben nicht beobachtet.

Die bei Zimmerwärme von durchschnittlich 17 C° beobachtete Wärmeabgabe beim Abkühlen war bei beiden Proben annähernd gleich. Sie betrug nach fünf Minuten etwa 1 C°, nach zehn Minuten etwa 5 C°, nach zwanzig Minuten etwa 10 C°.

Hiernach konnten die zu der Versuchsausführung zu benutzenden Zeiten bemessen werden.

Versuchs-Ausführung.

Die 25 . 12,5 . 5 cm großen Asphaltplatten wurden der bequemeren Handhabung wegen durch Zersägen in zwei Hälften zerlegt.

Da nur eine einseitige oberflächliche Erwärmung der so entstandenen, nahezu quadratischen Steine vor dem Eindruckversuche wünschenswerth erschien — der Bestrahlung der Straßenfläche durch die Sonne oder der Einwirkung einer Eis- oder Schneeschicht entsprechend — sind nur die auf der Straße zum Begehen bestimmten Flächen der Steine je drei Stunden dem Wärme- bezw. Kälteeinfluß direkt ausgesetzt worden, wobei nach den Vorversuchen anzunehmen war, daß in dieser Zeit die äußere Schicht der Steine die Wärme der umgebenden Luft angenommen hatte.

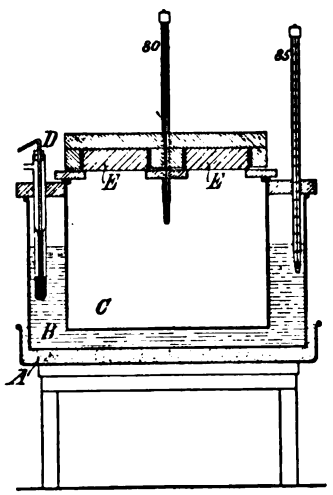


Fig. 1.

Um die Steine nach Möglichkeit von der sie umgebenden Luft zu isoliren, wurden sie in dicke Holzkästen gelegt, so daß nur die Oberfläche frei blieb; der Raum zwischen Stein und Holz war mit Asbest ausgefüllt.

Zur Erwärmung der Steinoberflächen diente der in der Skizze Fig. 1 im Längsschnitt dargestellte Apparat. Mittelst des Sandbades A und Wasserbades B wurde die Luft in dem inneren Kasten C bei einer Reihe der Proben auf 40 C°, bei einer zweiten Reihe auf 80 C° erwärmt und mit Hülfe des Wärmereglers D auf der vorgeschriebenen Wärme erhalten. (Zum Erwärmen auf 80 C° wurde das Sandbad nicht benutzt.)

Der Kasten C war mit einem anschließenden Holzdeckel mit zwei quadratischen Oeffnungen verschlossen, über welche die von den Holzkästen überdeckten Asphaltsteine E gelegt wurden.

Die Erwärmung jedes Steines dauerte drei Stunden.

Die einseitige Abkühlung der Steine erfolgte in der Weise, daß sie mit den sie auf fünf Seiten umschließenden Holzkästen in einen Kühlschrank[1]) gebracht wurden, dessen Innenraum mittelst einer Lindeschen Eismaschine auf etwa — 15 C° abgekühlt und erhalten wurde. Die Proben blieben drei Stunden im Kühlschrank.

Nach Entnahme jedes einzelnen Steines vom Luftbade oder aus dem Kühlschrank wurde er mit dem Holzkasten, dessen Boden eben gehobelt war, sogleich in den Druckapparat gebracht.

Die Zeit, während welcher jeder Stein bis zur Rißbildung belastet wurde, betrug einschließlich Einlegen des Steines in die Presse höchstens fünf Minuten; in dieser Zeit fand also nach den Vorversuchen wahrscheinlich keine praktisch wesentliche Wärmeänderung der Oberfläche statt.

Die Eindruckversuche wurden in der Weise ausgeführt, daß der Holzkasten mit Asphaltstein auf die im Kugellager bewegliche Druckplatte der Amsler-Laffonschen Presse gelegt, auf die frei liegende Oberseite der Asphaltplatte ein scharfkantiger Stahlcylinder von 4,2 cm Durchmesser (13,85 qcm Querschnitt) und 3 cm Höhe gesetzt und dieser zunächst soweit belastet wurde, bis ein merklicher Eindruck auf der Oberfläche des Steines sich zeigte; sodann wurde die Belastung fortgesetzt, bis Rißbildung eintrat.

Dieser Zeitpunkt konnte an dem Sinken der zur Druckmessung dienenden Quecksilbersäule leicht beobachtet werden.

Die Ergebnisse der so ausgeführten Eindruckversuche enthält die Tabelle 1.

[1]) Vergl. Mittheilungen: 1896 Heft 1 S. 69 u. f. f.

Tabelle 1. **Eindruckversuche mit Asphaltsteinen bei verschiedenen Wärmegraden.**

Versuch Nr.	Belastung in kg: bei welcher ein merklicher Eindruck sichtbar wurde	Belastung in kg: bei welcher die Rißbildung sichtbar wurde	Art der Belastung[1])
Kunst-Asphaltsteine A.			
Bei durchschnittlich — 15 C°			Der Stahlcylinder wurde zunächst mit 1500 kg belastet, dann wurde der Druck um je 100 bis 200 kg langsam gesteigert, bis ein merklicher Eindruck auf der Oberfläche des Steines sichtbar war. Hierauf wurde die Belastung gleichmäßig ansteigend bis zum Eintritt der Risse fortgesetzt.
1	2000	5600	
2	2300	5750	
3	2200	5650	
4	1800	5000	
5	2200	5100	
Mittel	**2100**	**5420**	
Bei durchschnittlich 18 C°			Der Stahlcylinder wurde zunächst mit 300 kg belastet, dann wurde der Druck langsam um je 100 kg gesteigert, bis ein merklicher Eindruck auf der Oberfläche des Steines sichtbar war. Hierauf wurde die Belastung gleichmäßig ansteigend bis zum Eintritt der Risse fortgesetzt.
1	500	2000	
2	700	1700	
3	600	1600	
4	600	1570	
5	700	1930	
Mittel	**620**	**1760**	
Bei durchschnittlich 40 C°			
1	500	1200	
2	500	1400	
3	500	1480	
4	500	1100	
5	600	1400	
Mittel	**520**	**1316**	
Bei durchschnittlich 80 C°			Der Stahlcylinder wurde zunächst mit 200 kg belastet, dann wurde der Druck langsam um je 50 kg gesteigert, bis ein merklicher Eindruck auf der Oberfläche des Steines sichtbar war. Hierauf wurde die Belastung gleichmäßig ansteigend bis zum Eintritt der Risse fortgesetzt.
1	350	700	
2	350	750	
3	350	760	
4	350	840	
5	350	670	
Mittel	**350**	**744**	
Kunst-Asphaltsteine B.			
Bei durchschnittlich — 15 C°			Der Stahlcylinder wurde zunächst mit 1500 kg belastet, dann wurde der Druck um je 100 bis 200 kg langsam gesteigert, bis ein merklicher Eindruck auf der Oberfläche des Steines sichtbar war. Hierauf wurde die Belastung gleichmäßig ansteigend bis zum Eintritt der Risse fortgesetzt.
1	1900	5700	
2	2500	5200	
3	2200	4960	
4	1800	4770	
5	2600	7300	
Mittel	**2200**	**5586**	
Bei durchschnittlich 18 C°			Der Stahlcylinder wurde zunächst mit 300 kg belastet, dann wurde der Druck langsam um je 100 kg gesteigert, bis ein merklicher Eindruck auf der Oberfläche des Steines sichtbar war. Hierauf wurde die Belastung gleichmäßig ansteigend bis zum Eintritt der Risse fortgesetzt.
1	400	770	
2	500	750	
3	500	1250	
4	600	900	
5	550	1000	
Mittel	**510**	**934**	

[1]) Die Anfangsbelastung und die Art der Steigerung der Belastung wurde auf Grund von Vorversuchen gewählt.

Versuch Nr.	Belastung in kg: bei welcher ein merklicher Eindruck sichtbar wurde	Belastung in kg: bei welcher die Rißbildung sichtbar wurde	Art der Belastung[1])
Kunst-Asphaltsteine B (Fortsetzung).			
Bei durchschnittlich 40 C°			Der Stahlcylinder wurde zunächst mit 200 kg belastet, dann wurde der Druck langsam um je 50 kg gesteigert, bis ein merklicher Eindruck auf der Oberfläche des Steines sichtbar war. Hierauf wurde die Belastung gleichmäßig ansteigend bis zum Eintritt der Risse fortgesetzt.
1	250	650	
2	350	700	
3	300	600	
4	300	530	
5	300	600	
Mittel	**300**	**616**	
Bei durchschnittlich 80 C°			
1	200	250	
2	300	350	
3	350	400	[2])
4	250	400	
5	250	470	
Mittel	**270**	**374**	
Natur-Asphaltsteine C.			
Bei durchschnittlich — 15 C°			Der Stahlcylinder wurde zunächst mit 500 kg belastet, dann wurde der Druck langsam um je 50 kg gesteigert, bis ein merklicher Eindruck auf der Oberfläche des Steines sichtbar war. Hierauf wurde die Belastung gleichmäßig ansteigend bis zum Eintritt der Risse fortgesetzt.
1	700	1270	
2	600	1400	
3	750	1350	
4	800	1920	
5	800	1780	
Mittel	**730**	**1544**	
Bei durchschnittlich 18 C°			Der Stahlcylinder wurde zunächst mit 250 kg belastet, dann wurde der Druck langsam um je 20 bis 30 kg gesteigert, bis ein merklicher Eindruck auf der Oberfläche des Steines sichtbar war. Hierauf wurde die Belastung gleichmäßig ansteigend bis zum Eintritt der Risse fortgesetzt.
1	300	520	
2	280	420	
3	280	420	
4	270	360	
5	300	500	
Mittel	**286**	**444**	
Bei durchschnittlich 40 C°			Der Stahlcylinder wurde zunächst mit 100 kg belastet, dann wurde der Druck langsam um je 10 bis 20 kg gesteigert, bis ein merklicher Eindruck auf der Oberfläche des Steines sichtbar war. Hierauf wurde die Belastung gleichmäßig ansteigend bis zum Eintritt der Risse fortgesetzt.
1	120	270	
2	120	280	
3	130	290	
4	130	270	
5	110	200	
Mittel	**122**	**262**	
Bei durchschnittlich 80 C°			Der Stahlcylinder wurde zunächst mit etwa 80 kg belastet, dann wurde der Druck langsam um je etwa 10 kg gesteigert, bis ein merklicher Eindruck auf der Oberfläche des Steines sichtbar war. Hierauf wurde die Belastung gleichmäßig ansteigend bis zum Eintritt der Risse fortgesetzt.
1	120	180	
2	100	150	
3	100	140	
4	160	240	
5	130	200	
Mittel	**122**	**182**	

[1]) Die Anfangsbelastung und die Art der Steigerung der Belastung wurde auf Grund von Vorversuchen gewählt.

[2]) Nach Sichtbarwerden des ersten Risses konnte der Druck noch bis auf etwa 500 kg gesteigert werden.

Tabelle 2. **Zusammenstellung der Mittelwerthe, umgerechnet in Atmosphären.**

Wärme beim Versuch	Kunst-Asphaltsteine A		Kunst-Asphaltsteine B		Natur-Asphaltsteine C	
	Spezifischer Druck		Spezifischer Druck		Spezifischer Druck	
	bei welchem ein merklicher Eindruck sichtbar wurde kg/qcm	bei welchem die Rißbildung sichtbar wurde kg/qcm	bei welchem ein merklicher Eindruck sichtbar wurde kg/qcm	bei welchem die Rißbildung sichtbar wurde kg/qcm	bei welchem ein merklicher Eindruck sichtbar wurde kg/qcm	bei welchem die Rißbildung sichtbar wurde kg/qcm
— 15 C°	153	391	159	403	53	111
18 C°	45	127	38	67	21	32
40 C°	38	95	22	44	9	19
80 C°	25	54	19	27	9	13

Die Mittelwerthe sind außerdem, umgerechnet in die Druckbelastungen für die Flächeneinheit, in Tabelle 2 zusammengestellt und in der Skizze Fig. 2 graphisch derart aufgetragen, daß die Abscissen der Kurven die bei dem Versuch angewendeten Wärmegrade, die Ordinaten die Belastung in Kilogrammen darstellen, bei welcher zuerst ein Eindruck bezw. ein Riß in der Platte beobachtet wurde. Die Kurven verbinden die Mittelwerthe aus je fünf Versuchen.

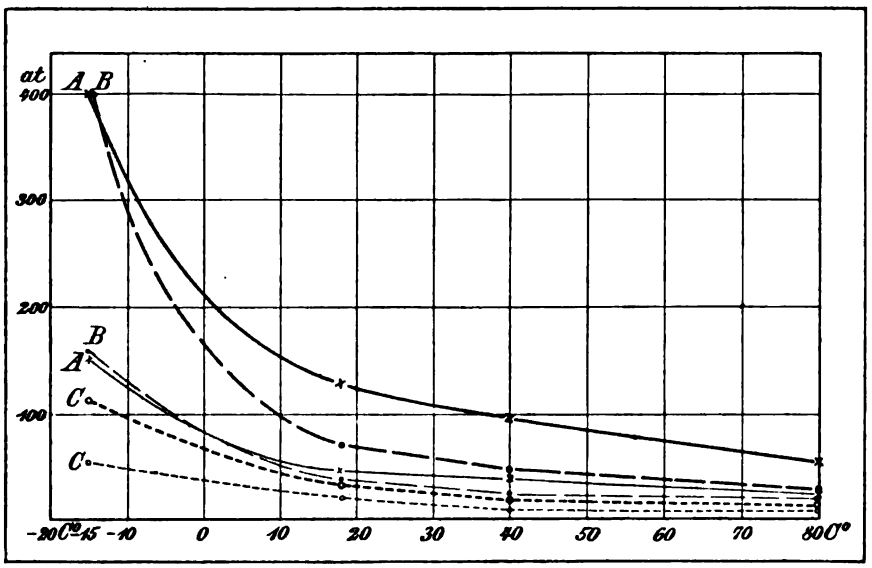


Fig. 2.

Die schwachen Linien beziehen sich auf die beobachteten Belastungen während des Sichtbarwerdens der ersten Eindrücke, die starken auf den ersten Eintritt der Risse.

Die Tabelle und die Kurven zeigen, daß die Empfindlichkeit der drei Asphaltplattensorten gegen Belastung bei verschiedenen Wärmegraden wesentlich verschieden ist. In hoher Wärme sind die künstlichen Asphaltplatten den natürlichen nicht allzu weit überlegen, aber schon bei 40 C° und noch mehr bei gewöhnlicher Luftwärme und in der Kälte zeigt sich, daß die künstlichen Platten ohne sich zu verändern weit größere Lasten zu tragen vermögen als die angeblich unter gleichen Umständen hergestellten Platten aus natürlichem Asphalt.

Der Einfluß der Verdichtung unter stärkerem Druck zeigt sich in dem Unterschiede des Verlaufes der Kurven A und B; beide Platten A und B verhalten sich in der Kälte nahezu gleich, in der Wärme aber zeigt A erheblich größere Widerstandskraft als B.

Die Fortsetzung dieser Versuche mit ähnlichen Baustoffen ist beabsichtigt. Die Versuche werden erhöhte Bedeutung erlangen, wenn die Absicht der Patentinhaber zur Ausführung kommt, das Verfahren der Herstellung der Kunst-Asphaltsteine städtischen Behörden zu überlassen, damit diese in Verbindung mit ihren Gasanstalten, wo die hauptsächlichsten Rohmaterialien als Nebenprodukte gewonnen werden, sich ihren Bedarf an Asphaltsteinen selber herstellen. Ein solches Verfahren würde namentlich in steinarmen Gegenden von Bedeutung werden können.

---

4. Kleine Mittheilungen.

A. Aus der Abtheilung für Baumaterialprüfung.

Vom Abtheilungsvorsteher, Ingenieur M. Gary.

1. Fehlerhafte Terrazzoplatten.

Seitens eines Amtsgerichts wurde die Versuchsanstalt zur Erstattung eines Obergutachtens aufgefordert, welches sich insbesondere darüber äußern sollte,

ob Fehler, welche die von der klagenden Firma dem Beklagten gelieferten Terrazzoplatten aufwiesen, sofort erkennbar waren und ob diese Fehler auf die Fabrikation zurückzuführen oder durch falsche Behandlung entstanden seien.

Den mit dem Beweisbeschluß der Versuchsanstalt übermittelten Akten waren einige von einem Sachverständigen aus dem Flurbelag eines Hauses entnommene Plattenstücke beigefügt, welche für die Versuche benutzt wurden.

Aus der Beschaffenheit der geschliffenen Oberfläche der Platten, deren obere Schicht aus Bruchstücken von weißem und gelbbraunem Marmor bestand, die durch grauschwarz gefärbten Cement als Bindemittel mit einander verkittet waren, konnte geschlossen werden, daß die vorhandenen kleinen blasenähnlichen Hohlräume wahrscheinlich erst durch die Benutzung der Platten aufgeschlossen wurden. Die Hohlräume unterschnitten vielfach benachbarte Marmorstückchen, so daß sie nicht durch Herausspringen solcher Stückchen entstanden sein konnten und zogen sich tief in den Plattenkörper hinein.

Wären solche Fehler bereits bei den neuen Platten vorhanden gewesen, so hätte man sie wahrscheinlich, wie dies bei der Fabrikation der Terrazzoplatten üblich ist, ausgespachtelt.

Durch Schleifversuche und durch die Photographie konnte nachgewiesen werden, daß mit fortschreitender Abnutzung der Platten sich die Hohlräume erweiterten und an Zahl vermehrten. Damit war der Beweis erbracht, daß die Poren die ganze Oberschicht der Platten durchzogen und auf zu geringe Verdichtung der Masse bei der Fabrikation der Platten zurückzuführen waren.

Um jeden Einwand zu beseitigen, daß etwa die Löcher in den beiden den Versuchen unterworfenen Platten nachträglich durch Abwaschen mit Säure entstanden wären, wurden auf die Plattenstücke Glasröhren von etwa 2 cm Durchmesser aufgekittet und die eine dieser Röhren mit einprozentiger, die andere mit konzentrirter Salzsäure gefüllt.

Beide Säuren wirkten energisch auflösend auf die Platten ein. Nach 24 Stunden zeigte sich, daß die verdünnte Säure etwa 3 mm tief, die konzentrirte etwa 12 mm tief sich

in die Platten eingefressen hatte, und zwar wurde der weiße Marmor am meisten von der Säure angegriffen, demnächst der gelbe Marmor und am wenigsten das Bindemittel.

Damit war erwiesen, daß die vorzugsweise im Bindemittel befindlichen Hohlräume der zur Prüfung eingesendeten Platten nicht nachträglich durch die Anwendung von Säuren entstanden, sondern auf Fabrikationsfehler zurückzuführen waren.

2. Mangelhafte Betonmischungen.

a. Seitens einer Baufirma wurde der Versuchsanstalt ein Kistchen trockener Beton eingereicht, der angeblich 2 bis 3 Jahre alt und vollständig mürbe war. Die Ursachen sollten ermittelt werden, aus denen der anfänglich harte Beton allmählich zerfiel. Ueber die Natur des verwendeten Cementes und Sandes wurde von der Antragstellerin zunächst nichts mitgetheilt, es war deshalb nicht von vorn herein mit Sicherheit zu sagen, ob die Versuche zu dem gewünschten Ergebnisse führen würden.

Das aus einer zerbröckelten, losen Betonmasse mit einzelnen kleineren und größeren mürben, leicht zerdrückbaren Klumpen bestehende Probematerial wurde auf äußere Beschaffenheit, mechanische und chemische Zusammensetzung und Beschaffenheit des Sandes und Kieses untersucht.

Die mechanische Zusammensetzung ergab sich wie folgt:

Sand und Kies	88,4 %
Bindemittel	8,9 %
Glühverlust	2,7 %

Das Mischungsverhältniß von Bindemittel zu Sand und Kies ist somit nach Abzug von Wasser und Kohlensäure: 1 Gewichtstheil Bindemittel: 9,9 (rund 10) Gewichtstheile Sand und Kies.

Die chemische Zusammensetzung des Bindemittels war:

Kieselsäure	23,31 %	
Thonerde und Eisenoxyd	14,76 %	
Kalk	59,23 %	61,23 %
Magnesia	2,00 %	

Die normale Zusammensetzung eines Portland-Cementes ist folgende:

(Nach Muspratt, chem. Technologie.)

Kieselsäure	24,3 %	
Thonerde und Eisenoxyd	10,8 %	
Kalk	60,1 %	61,3 %
Magnesia	1,2 %	

Nach anderen Versuchen schwanken die Einzelbestandtheile bei den Portland-Cementen zwischen den folgenden Grenzzahlen:

	Deutsche Cemente (Mittheilungen aus den Königl. techn. Versuchsanstalten 1883—1885).	Französische und ausländische Cemente (E. Candlot: Étude pratique sur le Ciment de Portland 1886).
Kieselsäure	20—26 %	20—26 %
Thonerde und Eisenoxyd . .	6—14 %	7—16 %
Kalk	58—66 %	58—67 %
Magnesia	Spuren—3 %	0,5—3 %

Das Ergebniß der vorliegenden Analyse entspricht also der Zusammensetzung eines normalen Portland-Cementes. Nur der Gehalt an Thonerde und Eisenoxyd (14,76 %) ist

etwas höher ausgefallen, als dem reinen Bindemittel entspricht, weil beim Ausziehen des Bindemittels aus der Betonmasse mittelst verdünnter Salzsäure eine gleichzeitige theilweise Auflösung der thonigen Bestandtheile des Sandes und Kieses nicht zu umgehen ist.

Nachträglich theilte die Antragstellerin mit, daß der verwendete Cement möglicherweise Hochofenschlacken-Beimengung enthalten habe, ein Anhalt hierfür ließ sich indessen nach geschehener Verarbeitung des Cementes nicht finden.

Es erschien nicht wahrscheinlich, daß die Ursache der mangelhaften Erhärtung des Betons in dem Cement zu suchen sei, und auch der verwendete Sand und Kies an sich bot hierfür keine Anhaltspunkte, denn der Sand war ein gemischtkörniger, abgerundeter bis scharfkantiger Quarzsand und der Kies bestand aus Geröllstücken von Quarzit, Sandstein und Thonschiefer bis zu Hühnereigröße. Schädliche Beimengungen — erdige, thonige, organische Stoffe — wurden in nennenswerther Menge nicht vorgefunden.

Da das Mischungsverhältniß von Cement zu Sand und Kies = 1 : 10 (rund) an sich ebenfalls keinen Anhalt für die ungenügende Erhärtung des Betons bot — es sind mit Vortheil noch viel magerere Mischungen zu Beton verwendet worden — so blieb zu untersuchen, in wie weit das Gemisch aus Sand und Kies ein günstiges oder ungünstiges war.

Bei einem guten Beton müssen die Hohlräume zwischen den einzelnen Steinen und Steinchen ganz oder nahezu durch das Bindemittel oder einen Sandmörtel ausgefüllt sein.

Der Versuch (die Ausmessung mit Wasser) ergab, daß 2650 g des vorliegenden Gemisches aus Sand und Kies 364 ccm Hohlräume hatten.

Das Raumgewicht des erhärteten, lufttrockenen Portland-Cementes zu 2,3 angenommen, wiegen 364 ccm abgebundener Portland-Cement 837 g.

Da der Glühverlust des Cementes im Beton, wie an einer besonderen Probe ermittelt wurde, (u = 0,23) 23 % betrug, so entsprechen 837 g abgebundenen Cementes im vorliegenden Falle 644 g frischem Cement.

Es hätte somit zur völligen Ausfüllung der Hohlräume in Sand und Kies durch abgebundenen Cement ein Mischungsverhältniß von Cement : Kies und Sand = 644 : 2650 = 1 : 4,1 angewendet werden müssen, wenn die Verwendung des vorliegenden Kiessandgemisches nicht zu umgehen war, oder es hätte dem Beton zur Füllung der Hohlräume des Kieses Sand besonders zugesetzt werden müssen, da in dem angewandten Gemisch von Sand und Kies der Kies zu stark überwiegt, dessen Hohlräume von dem vorhandenen Sande nur zum kleinen Theile ausgefüllt werden.

Wie dies leider sehr häufig geschieht, ist auch in dem vorliegenden Falle die Mischung des Betons ohne vorherige eingehende Untersuchung der verwendeten Materialien vorgenommen worden. Der verwendete Kies war, trotz seiner sonstigen guten Eigenschaft oder vielmehr gerade weil er sehr viel grobe Stücke enthielt, zu der mageren Mischung untauglich, er erzeugte einen sehr undichten Beton, der, durchlässig für Luft und Feuchtigkeit, dem Zerfall wenig Widerstand entgegen zu setzen vermochte. Welche Ursachen zuletzt den Zerfall veranlaßt haben, konnte nicht festgestellt werden.

b. Ein anderes Beispiel schlechten Betons lieferte die Prüfung von Cementrohren.

Die von einer Behörde zur Prüfung eingelieferten, zu Seitendurchlässen im Bahndamm bestimmten Rohre hatten bei der ersten Lieferung schon so viel Bruch gezeigt, daß Zweifel

an der Güte und dem Mischungsverhältniß des Betons entstanden waren und die Weiterlieferung einstweilen untersagt wurde.

Die Prüfung bestätigte, daß der Verdacht gegen die Rohre gerechtfertigt war.

Die 1050 mm langen, 500 mm im Durchmesser haltenden, 60 mm dicken Rohre, die innen kreisrund gestaltet, außen an der Unterfläche mit ebener Basis nnd an beiden Enden mit Falzen versehen waren, wurden zwischen zwei kiefernen Langhölzern, welche sich gegen die Druckplatten der hydraulischen Presse legten, auf äußeren Druck geprüft.

Die kleinen Unebenheiten der Rohre wurden dabei durch Keilchen aus weichem Holz, die zwischen Rohr und Langholz gesteckt wurden, nach Möglichkeit ausgeglichen.

Im Mittel aus drei Versuchen ergab die Prüfung eine Bruchbelastung von nur 1713 kg, während früher geprüfte Cementrohre ganz gleicher Form und Abmessungen im Mittel eine Bruchlast von 3867 kg ergeben hatten.

Wieder andere Rohre gleicher Form und gleicher Abmessungen, in welche aber je sechszehn 7 mm starke Drahtringe eingelegt waren, ließen sich bis auf 450 mm lichte Höhe zusammendrücken, bevor sie vollständig auseinanderfielen, und trugen im Mittel aus sechs Versuchen eine Bruchlast von 4705 kg.

Die auffällige, sehr geringe Festigkeit der beanstandeten Rohre fand ihre Erklärung nach der Prüfung der Betonstücke auf ihre Zusammensetzung und Bruchflächenbeschaffenheit.

Die Untersuchung auf Zusammensetzung gestaltete sich hier schwieriger, weil der Sand- und Kieszuschlag des Betons kohlensäurehaltige Bestandtheile enthielt.

Ein Theil der Bruchstücke wurde zerkleinert und in dem zerkleinerten Material nach dem Trocknen, Wiegen und der Entfernung der darin befindlichen kohlensäurehaltigen Bestandtheile durch Auflösung des Bindemittels mit Salzsäure der rückständige Sand ermittelt.

Nachdem hierauf an einer anderen Probe der Glühverlust des Betons und der kohlensäurehaltigen Bestandtheile des Kieses bestimmt worden war, ließ sich aus den gewonnenen Ergebnissen das Mischungsverhältniß des Betons berechnen.

Es ergab sich:

Glühverlust des Betons	9,37 %
„ „ kohlensäurehaltigen Gesteins	39,18 %
Menge des kohlensäurehaltigen Gesteins . .	7,02 %
„ „ Sandes und Kieses, einschließlich der kohlensäurehaltigen Bestandtheile . .	70,92 %
Glühverlust des Cementes	6,62 %
Menge des Cementes	22,46 %

THE NEW YORK PUBLIC LIBRARY
ASTOR, LENOX AND TILDEN FOUNDATIONS.

Hiernach war das Gewichtsverhältniß der verwendeten Betonmischung Cement : Kies = 1 : 3,45, also ein durchaus normales und zulässiges.

Dagegen zeigte beim Schlämmen der zerkleinerten Betonstücke das Schlämmwasser starke Trübung, was auf Verwendung unreinen Zuschlagmaterials schließen ließ, und das Zuschlagmaterial ergab sich als ein gemischtkörniger Kies mit einzelnen größeren Steinen und zahlreichen Schneckenhäusern.

Das Gefüge der unebenen, rauhen, erdigen Bruchfläche zeigte sich als vorwiegend mittelkörnig mit eingestreuten erbsen- bis wallnußgroßen Geröllstücken. Der Beton war stark durchsetzt von Resten pflanzlichen und thierischen Ursprungs: Moos, Blätter, Gras, Schilf, kleine und große Stücke von mehr oder weniger vermodertem Holz, größere und kleinere

Gehäuse von Schnecken und Bruchstücke derselben fanden sich in großer Menge vor und ließen die geringe Festigkeit eines solchen Betons erklärlich erscheinen.

Die Abbildung zeigt einige Bruchstücke der Rohre mit den darin vorgefundenen, sicherlich nicht in einen guten Beton gehörenden Sachen.

3. Verwendungsmöglichkeit von Scheideschlamm aus der Zuckerfabrikation.

Aus Anlaß der Klage einer Baubehörde gegen zwei Bauunternehmer, die sich bei der Bauausführung von Wohnhäusern in mehreren Punkten, hauptsächlich wegen der Verwendung von Scheideschlamm aus einer Zuckerfabrik zur Herstellung von Mörtel, grober Verstöße gegen die Baupolizeiordnung schuldig gemacht hatten, wurde die Versuchsanstalt zur Erstattung eines Obergutachtens aufgefordert.

Nach dem Antrage sollte die Prüfung auf chemische Zusammensetzung des Kalkes und auf Festigkeit eines aus ihm bereiteten Mörtels erfolgen.

Die beklagten Bauunternehmer hatten, gestützt auf mehrere Gutachten von Fachmännern, behauptet, der zu den Bauten verwendete Mörtel sei als genügend — „gebunden und hart" — befunden worden und der Scheidekalk (eigentlich Scheideschlamm) in seiner Wirkung dem Fett- und Wasserkalk gleichzustellen. Eine Anzahl bekannter und zum Theil von den beschuldigten Bauunternehmern aufgeführter Gebäude hätten bezüglich des Mörtels keine Veranlassung zu Klagen gegeben, obgleich ebenfalls Scheidekalk dazu verwendet worden sei. Die Gebäude besäßen die erforderliche Standhaftigkeit.

Im Verlauf des Prozesses wurde der Mörtel von einem Sachverständigen analysirt und seine Zusammensetzung in der Hauptsache wie folgt befunden:

2 Proben im Mittel: 11,0 % $CaCO_3$.
67,6 % Quarzsand.
1 „ „ „ 10,8 % $CaCO_3$.
84,0 % Quarzsand.

Der wässerige Auszug des Mörtels reagirte gegen Lakmus neutral.

Von einem anderen Sachverständigen wurde die thatsächlich vorhandene, wenn auch geringe Festigkeit des Mörtels als das Ergebniß einer mit dem Austrocknen der lehmigen Bestandtheile des Mörtelsandes zusammenhängenden Erhärtung angesehen.

Das an die Versuchsanstalt eingereichte schlammige Produkt wurde zu einem Theil zu der Prüfung auf Zusammensetzung, zum anderen Theil zu der Festigkeitsprüfung benutzt.

Die Prüfung auf Zusammensetzung des sog. Scheidekalkes lieferte den Beweis, daß der ursprüngliche freie Kalk (Scheidekalk) völlig durch Kohlensäure und organische Säuren zu Scheideschlamm (Preßschlamm) abgesättigt war.

Zu der Prüfung auf Festigkeit wurde eine Mörtelmischung aus 1 Raumtheil Kalkteig und 3 Raumtheilen Berliner Mauersand verwendet; da der Kalkteig genügend feucht war, brauchte dem Mörtel nicht noch besonders Wasser für das Einschlagen in die Formen zugesetzt werden. Die Zugprobekörper konnten kurz nach der Herstellung, die Druckproben zwei Tage nach dem Einschlagen entformt werden und verblieben bis zur Prüfung im Laboratorium an der Luft.

Die Prüfung lieferte im Mittel aus je 10 Versuchen folgende Ergebnisse:

Ergebnisse der Festigkeitsprüfungen.
1 R.-Thl. Kalkteig + 3 R.-Thl. Mauersand.

Zugfestigkeit kg/qcm nach		Druckfestigkeit kg/qcm nach	
14 Tagen	24 Tagen	14 Tagen	24 Tagen
Raumgewicht 6 Tage nach dem Einschlagen 1,774		Raumgewicht 6 Tage nach dem Einschlagen 1,938	
1,64	1,45	7,2	8,4

Aus den Ergebnissen der chemischen Untersuchung und der Festigkeitsversuche geht hervor, daß das als Scheidekalk bezeichnete Material in Folge Mangels an freiem Kalk, welcher durch Aufnahme von Kohlensäure erhärten und dem Kalkmörtel seine Festigkeit geben soll, zur Mörtelbereitung mit Erfolg keine Verwendung finden kann.

Die ermittelte Anfangsfestigkeit kommt allerdings derjenigen mancher Kalke annähernd gleich, schreitet jedoch nicht, wie bei diesen mit wachsendem Alter der Proben fort, und ist daher wahrscheinlich lediglich das Ergebniß der Austrocknung und des Zusammenbackens der durch das Einschlagen stark verdichteten Masse unter Mitwirkung der beim Scheideprozeß niedergeschlagenen organischen Stoffe.

Feuchte Erde oder Lehm würde beim Austrocknen etwa dieselbe Festigkeit erreichen.

B. Aus der Abtheilung für Papierprüfung.

Vom Abtheilungsvorsteher W. Herzberg.

1. Durchlässige Stellen im Papier.

Bei einem der Versuchsanstalt eingereichten, aus reinen Lumpen unter Anwendung von Harzleim hergestellten weißen Schreibpapier war eine eigenartige Erscheinung zu beobachten. Beim Beschreiben des Papiers zeigte sich, daß es im großen und ganzen leimfest war; selbst

dicke Striche unter Anwendung von viel Tinte schlugen nicht durchweg durch. An einzelnen Stellen indessen drang die Tinte durch das Papier, und die so auf der Rückseite entstandenen Flecke hatten einen Durchmesser von etwa 1—3 mm. Aeußerlich konnte an dem Papier nichts Besonderes wahrgenommen werden. Es zeigte in der Durchsicht einige weiße Flecke; behandelte man diese aber mit Tinte, so fand ein Durchschlagen nicht statt, ein Beweis dafür, daß die mit bloßem Auge sichtbaren weißen Flecke nicht diejenigen Stellen waren, an denen die Tinte durchdrang. Um diese Stellen nun zunächst aufzufinden, wurde das Papier mit Wasser bepinselt; hierdurch wurden in dem Papier zahlreiche weiße Punkte sichtbar, etwa in derselben Größe wie oben angegeben. Diese Punkte wurden mit Bleistift umrändert und nach dem Trocknen des Papiers mit Tinte behandelt. Es zeigte sich nun, daß die Tinte an allen den Stellen durchschlug, welche durch die Behandlung mit Wasser zum Vorschein gekommen waren.

Nachdem auf diese Weise die Stellen ermittelt werden konnten, an denen der eingangs erwähnte Uebelstand auftrat, konnte man dazu übergehen, durch eine Reihe von Versuchen näheres über die Art und Ursache der Flecke zu ermitteln.

Behandelte man die Flecke mit einer schwach saueren Lösung von Congoroth, so färbten sie sich roth, bei Behandlung mit einer schwach saueren Lösung von Methylorange gelb; die Flecke mußten also eine alkalisch reagirende Substanz enthalten. Beim Bestreichen des Papiers mit Jod-Jodkaliumlösung färbte es sich infolge seines Stärkegehaltes blau; die in Frage kommenden Punkte nahmen aber allmählich eine braune Färbung an. Dies kann nur darauf zurückzuführen sein, daß die Flecke eine Substanz enthielten, welche aus Jodkalium Jod frei machte. Behandelte man das Papier mit einer neutralen Lösung von Jodkalium, so wurden die Punkte stark braun und die ganze Papierfläche etwas bräunlich; befeuchtete man nun das Papier mit reinem oder schwach angesäuertem Wasser, so ging die braune Farbe in blau über. Dies Verhalten deutete darauf hin, daß sowohl in dem Papier, als auch besonders in den Flecken aktives Chlor vorhanden war. Extrahirte man das Papier mit Wasser, so gelang es, auch in dem Extrakt freies Chlor und ferner Kalk nachzuweisen. Auch durch Uebereinanderschichten des in Frage kommenden Papiers mit Jodkalium-Stärkepapier in feuchtem Zustande zeigte sich, daß das Papier namentlich an den Flecken freies Chlor enthielt. Diese Beobachtung läßt mit ziemlicher Wahrscheinlichkeit den Schluß zu, daß an den Stellen, an denen die Tinte durchdringt, sich Chlorkalkreste befinden, welche vielleicht durch unvorsichtige Entnahme der Chlorkalklauge in den Papierstoff gekommen sind.

An das Vorhandensein von salpetriger Säure, welche die geschilderten Reaktionen theilweise ebenso wie oben angeführt geben würde, braucht man wohl mit Rücksicht auf die bei der Herstellung von Papier in Betracht kommenden Verhältnisse nicht zu denken.

2. Imitirtes Leder aus japanischem Papier.

Gelegentlich der Austragung einer Zollstreitigkeit wurden der Versuchsanstalt zwei Muster sogenannter japanischer Lederpapiere behufs Feststellung der Festigkeitseigenschaften übersandt.

Das eine Muster war grün gefärbt, hatte ein Quadratmetergewicht von 261 g, das zweite zeigte eine rothe Farbe, es war 190 g das Quadratmeter schwer. In ihrem Aeußeren ähnelten die Muster wirklichem Leder ganz außerordentlich, sowohl auf der Vorderseite als auch auf der Rückseite.

Die Festigkeitsprüfungen lieferten folgende Ergebnisse.

		Bruchdehnung	Reißlänge
Muster I, grün	Maschinenrichtung . . .	37,8 %	3150 m
	Querrichtung	43,5 %	1450 m
	Mittel	40,7 %	2300 m
Muster II, roth	Maschinenrichtung . . .	41,3 %	4200 m
	Querrichtung	21,0 %	1950 m
	Mittel	31,2 %	3075 m.

Im Anschluß an diese Versuchsergebnisse mögen hier einige Mittheilungen über die Herstellung der japanischen Lederpapiere folgen.

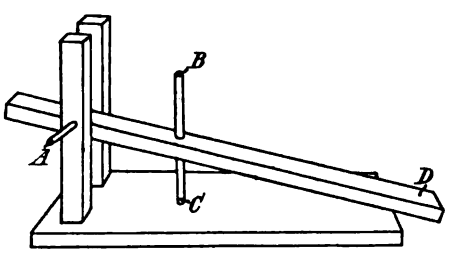
Diese Leder-Imitationen, welche in Japan den Namen Kami-Kava führen, werden in den verschiedensten Farben erzeugt und kommen geköpert oder glatt, mit Arabesken versehen, mit Blumen oder anderen Verzierungen bedruckt, oder auf andere Weise reich ausgestattet, in den Handel.

Ihre Weichheit, ihr Aussehen und ihre Geschmeidigkeit sind oft derartig, daß man glaubt, es mit wirklichem Leder zu thun zu haben. Diese Lederpapiere werden in Japan zur Herstellung von Brieftaschen, Tabacksbeuteln, Futteralen, Tischdecken, Tapeten und vielen anderen Gegenständen benutzt. Das einfach geköperte, schwarz lackirte Lederpapier dient zum Schutz der Füße bei Regenwetter.

Gewöhnlich wird das Lederpapier in kleineren Bogen hergestellt, zeitweise aber auch in längeren Bahnen, wenn es beispielsweise zu Tapeten verwendet werden soll. Als Rohmaterial wird festes Gampipapier verwendet, und auch die in der Versuchsanstalt geprüften, eingangs erwähnten Proben enthielten ausschließlich Gampifasern.

Ueber die Herstellung des Lederpapiers berichtet Rein in seinem trefflichen Werk über Japan Folgendes.

Man breitet das Papier auf einem Brett aus, die glatte Seite nach oben und bestreicht es vermittelst einer weichen Haarbürste mit verdünntem Reiskleister, dem etwas Kienruß zugesetzt ist. Dann hängt man den Bogen über horizontal laufende Stangen und läßt ihn trocknen.



Der so gekleisterte und getrocknete Bogen wird dann mit Hülfe einer besonderen Vorrichtung geköpert, wobei er sich nach beiden Richtungen beträchtlich verkürzt. Dieses Köpern wird in einfachen Hebelpressen vorgenommen. Die Presse (vergl. nebenstehende Figur) ist aus einem harten Holz angefertigt und auf einem schweren großen Brett angebracht. In dem Brett sind zwei durchlöcherte Pfosten als Zapfenträger eingelassen, zwischen denen der Drehpunkt des Hebels AD liegt. BC ist eine hölzerne Walze von 2—3 cm Durchmesser und verschiedener Länge, je nachdem die umzurollenden Bogen groß oder klein sind; die Bogengröße bestimmt auch die Höhe der Stellung des Hebels. Die Walze BC ruht bei C in einer pfannenartigen Vertiefung des Brettes, um beim Gebrauch ein Verschieben zu verhüten, und geht im Hebel durch ein Loch senkrecht empor.

Die Papierbogen werden durch Besprengen angefeuchtet und dann, eine Stunde lang über einander geschichtet, dem geringen Druck einer Presse ausgesetzt, damit die Feuchtigkeit sich gleichmäßig durch die einzelnen Lagen vertheilt. Gewissermaßen als Form für das Kreppen dienen die sogenannten Katas, große, braune Bogen aus dickem Papier, welche parallelstreifig

nach einer oder mehreren Richtungen gefurcht und in feuchtem Zustande sehr elastisch sind. Auf diesen Katabogen legt man einen Bogen des angefeuchteten Papiers, hierauf einen zweiten Katabogen, dann wieder einen Papierbogen und so fort, etwa zehn Wiederholungen, bis man mit einem Katabogen den Schluß macht. Auf diesen Stoß wird die Walze BC gelegt, das Papier fest um dieselbe zu einem Cylinder gerollt, aus welchem die Walze beiderseits etwa 5—6 cm hervorragen muß. Diesen Cylinder umwickelt man darauf, um ihm einen besseren Halt zu geben, mit einem Streifen Leinewand und bringt die umwickelte Walze in die Presse. Der Arbeiter drückt das Papier ruckweise 6—10 Mal auf der Rolle zusammen, wodurch diese in der Richtung der Längsachse zusammengepreßt wird. Darauf wird die Rolle aus dem Brett genommen, der Leinewandstreifen entfernt, die Bogen abgerollt und in derselben Weise abwechselnd wie vorher gelegt, aber so, daß die Papiere jetzt eine andere Lage gegen die Katabogen bekommen wie vorher; die weitere Bearbeitung ist genau wie vorher. Wenn dieses Verfahren mit den Proben und den Katas 8—10 Mal wiederholt worden ist, ist die Köperung fertig.

Die Bogen werden nunmehr mit einem Anstrich eines trocknenden Oeles versehen und darauf in der Sonne zum gründlichen Trocknen aufgehängt.

Nach dem vollständigen Trocknen erhalten sie einen Anstrich von Kleisterlösung, welcher gleichzeitig die Farbe beigemengt ist, die das Leder erhalten soll (Eisenoxyd, Auripigment, Indigo, Tusche ꝛc.). Zum Schluß erhält das Muster noch einen Lackanstrich und ist nun zur Verwendung fertig.

Bekanntmachung.

Die Firma C. A. Loewe, Gerberei und Fabrik für Ledertreibriemen mit Dampfbetrieb, in Berlin, Invalidenstraße 12, verbreitet seit einiger Zeit Prospekte, in welchen sich folgender Satz vorfindet:

> Eine Untersuchung auf Bruchfestigkeit seitens der Kgl. mechanisch-technischen Versuchsanstalt zu Charlottenburg lieferte folgendes Ergebniß:
>
> „Bei den sämmtlich vorgenommenen Versuchen mit den aus präparirter Rohhaut hergestellten Kämmen trat selbst bei der höchsten zulässigen Spannung ein Bruch nicht ein."

Dadurch, daß der Schlußsatz als das Ergebniß der in der Versuchsanstalt ausgeführten Untersuchungen bezeichnet und in Anführungszeichen gesetzt ist, wird der Anschein erweckt, als sei der Satz dem Prüfungszeugniß der Versuchsanstalt wörtlich entnommen.

Zur Richtigstellung erklärt die Versuchsanstalt, daß dieser Satz lediglich das persönliche Urtheil des Verbreiters wiedergiebt, in der Prüfungsbescheinigung der Versuchsanstalt aber nicht enthalten ist.

Königliche mechanisch-technische Versuchsanstalt.

A. Martens.

Für die Redaktion verantwortlich: A. Martens. — Verlag von Julius Springer in Berlin.

Druck von E. Buchbinder in Neu-Ruppin.

Mittheilungen
aus den
Königlichen technischen Versuchsanstalten
zu Berlin.

Herausgegeben im Auftrage
der Königlichen Aufsichts-Kommission.

XV. Jahrgang. 1897. Zweites Heft.

1. Betrachtungen über Cementmörtel und Beton.

Vom Direktor Professor A. Martens.

Die Vorgänge beim Abbinden von Mörteln lassen sich in physikalische und chemische Prozesse trennen. Hier sollen vornehmlich die ersteren betrachtet werden. Diese Trennung mache ich nur, um den Nachweis zu führen, daß es lohnend sein wird, auch bei Betrachtung der chemischen Vorgänge der Abbindeverhältnisse sich intensiverer, als es häufig geschieht, mit den physikalischen Vorgängen zu befassen. Die nachfolgenden Betrachtungen sollen, ohne Anspruch auf Originalität, hierzu weitere Anregung geben, denn am Ende der Dinge werden die physikalischen Vorgänge bei der Beurtheilung der Haftfestigkeit und der Eigenfestigkeit doch ausschlaggebend sein. Dabei habe ich die Meinung, daß allerdings die Chemie bei den Fragen, die ich hier berühren will, eine sehr hervorragende Rolle spielt und daß es völlig unzulässig sein würde, beim Studium dieser Fragen die Chemie aus dem Spiele zu lassen; nur wer mit allen Hülfsmitteln der Wissenschaft, insbesondere aber unter Beherrschung auch der mineralogischen und mikroskopischen Kenntnisse, die Sache anfaßt, wird das letzte Wesen und die Gesetze der Mörtelbildung erschließen.

Wenn auch manches von dem Nachfolgenden allgemeine Gültigkeit haben wird, so sollen doch die hier zu besprechenden Verhältnisse besonders aus Vorgängen an Cementmörteln und Cement-Beton entwickelt werden.

Der Mörtel und der Beton bestehen aus Sand- beziehungsweise aus Kieskörnern oder Steinschlag von verschiedener Korngröße, die durch das Bindemittel mit einander verkittet werden. In dem Bindemittel spielen sich langdauernde chemische Vorgänge ab, die veranlassen, daß die Verkittung immer fester wird. Beim Cement sind diese Vorgänge durch Wasserbindung eingeleitet; die sich anschließenden chemischen Vorgänge sind in ihrer Gesammtheit noch nicht völlig erkannt.

Für die Güte und Stärke der Verkittung sind maßgebend, die Eigenschaften des Cementes und des Sandes beziehungsweise des Kieses, sowie die Umstände, unter denen die chemischen Prozesse im Bindemittel verlaufen.

Die Wirkung zwischen Bindemittel und Kornoberfläche ist im Wesentlichen ein physikalischer Vorgang, mit dem aber ein chemischer Prozeß verknüpft ist; letzteres indem oberflächlich chemische Wechselwirkungen zwischen dem Stoffe des Bindemittels und dem Stoffe der Körner eintreten. Diese chemischen Wirkungen sollen hier indessen vernachlässigt werden; es bleiben also nur die physikalischen Vorgänge für die Betrachtung übrig.

Die Haupteigenschaft, die vom Mörtel in physikalischer Beziehung verlangt wird, ist eine ausreichende Festigkeit und oft auch noch eine ausreichende Dichtigkeit.

Die Festigkeit ist abhängig von der Haftfestigkeit des Bindemittels an der Kornoberfläche des Sandes oder Kieses, von der Eigenfestigkeit der Körner des Sandes oder Kieses, von derjenigen des Bindemittels und von der Art der Vertheilung des Bindemittels zwischen den Körnern, sowie endlich wegen der chemischen Vorgänge, die hier aber außer Betracht bleiben, von dem Alter des Mörtels seit dem Erhärtungsanfang.

Will man also den Werth der Mörtel- (Beton-) materialien in klarer und erschöpfender Weise ermitteln, so wird man die Eigenschaften von Sand oder Kies und von Bindemittel zunächst für sich und dann im Mörtelgemisch zu prüfen haben.

Die vollständige Untersuchung des Sandes oder Kieses muß sich erstrecken auf:

1. Feststellung der Gesteinsarten, aus denen er besteht; geologische und mineralogische Prüfung — einfache chemische Untersuchungen.
2. Feststellung der Schlammbestandtheile; Bestimmung des auswaschbaren Bestandtheiles — Schlämmversuche (nöthigen Falles in Setz- und Sortirvorrichtungen zur Trennung der gleichgroßen Körner nach Form und specifischem Gewicht; auch Schwebeanalyse).
3. Feststellung der Korngrößen der vorhandenen Körner. — Siebversuche.
4. Feststellung der ungefähren Form und Beschreibung der mittleren Oberflächenbeschaffenheit der Körner in den einzelnen durch die Siebe abgeschiedenen Theilen. — Mikrophotographien.
5. Feststellung des Raumgewichtes (Gewicht der Raumeinheit) r und zwar
   a) im eingelaufenen r_e oder lose eingefüllten Zustande r_f,
   b) im fest eingerüttelten Zustande r_r.

Diese Prüfung würde sich je nach der Verwendungsart des Sandes (Kieses) auf den gewaschenen oder ungewaschenen Zustand erstrecken müssen. In manchen Fällen (Beton) wird man auch die Raumgewichte der Einzelbestandtheile oder der Siebrückstände bestimmen müssen, namentlich, wenn man mit geringstem Bindemittelaufwand dichten Mörtel erzielen will.

6. Feststellung des mittleren spezifischen Gewichtes s der Kornmasse; Prüfung mit dem Raummesser (Volumenometer) oder Berechnung aus den unter 5 und 7 gewonnenen Ergebnissen.

Diese Prüfungen werden unter den bei 5 angegebenen Verhältnissen auszuführen sein.

7. Feststellung des Dichtigkeits- und des Undichtigkeitsgrades d und u.
   a) im eingelaufenen oder lose eingefüllten Zustande d_e oder d_f,
   b) im fest eingerüttelten Zustande d_r.

Der Dichtigkeits- und der Undichtigkeitsgrad kann unter den unter 5 angegebenen Verhältnissen entweder aus r und s nach

$$d = \frac{r}{s} \text{ und } u = 1 - d$$

berechnet oder durch Tränkung der eingelaufenen oder eingerüttelten Masse mit Wasser oder einer anderen Flüssigkeit und Feststellung des Verbrauches bis zur vollkommenen Füllung der Hohlräume besonders ermittelt werden. Die Tränkung der lose eingelaufenen Massen wird immer einige Schwierigkeiten bereiten, weil hierbei Verschiebungen in der Masse, d. h. Sinken

der Masse im Gefäß, schwer zu vermeiden ist; das Wasser wird also bis zu bestimmten Marken aufzufüllen sein, die den ursprünglichen Körperinhalt der Masse darstellen.

Zu der vollständigen physikalischen Untersuchung eines Sandes (Kieses) könnte man die

8. Feststellung seiner Eigenfestigkeit, Druckversuche mit der eingeschlossenen Sand- (Kies-)masse
   a) im eingelaufenen oder lose eingefüllten Zustande,
   b) im fest eingerüttelten Zustande[1])

hinzurechnen.

Für den Widerstand gegen Druck ließe sich durch Versuche sehr wohl nach dem von mir für die Bestimmung des Dichtigkeitsgrades von Hölzern[2]) benutzten und von Professor Rudeloff für die Prüfung von Schottermaterialien ausgebildeten Verfahren ein Ueberblick gewinnen. Rudeloff ließ den auf seine Festigkeit gegen Zerdrücken zu untersuchenden Steinschlag durch Sieben nach den Korngrößen zerlegen. Dann wurden die Körner gleicher Größe in einen starken Eisencylinder gefüllt und darin in der Probirmaschine mit einem Stempel bis zu einer bestimmten Belastung zusammengedrückt. Der hierdurch erreichte Grad der Zertrümmerung wurde durch abermaliges Sieben des Materiales bestimmt und zur Beurtheilung des Schottermateriales benutzt. Dieses Verfahren kann, namentlich für Kiese, sehr leicht zur Kennzeichnung ihrer Eigenschaften ausgebildet werden.

Da die Berührung zwischen den einzelnen Körnern nahezu in kleinen Kugelflächen stattfindet, so wird die Zertrümmerung bei diesen Versuchen wegen der entstehenden örtlichen Ueberlastungen einzelner Körner in diesen Berührungspunkten allerdings schon früh beginnen und man wird daher die für die Zertrümmerung nothwendige Last nicht ganz scharf ermitteln können. Aber aus den von der Festigkeitsprobir-Maschine aufgezeichneten Schaulinien kann man ausreichenden Anhalt für die Beurtheilung der Zustandsänderungen während des Versuches gewinnen. Der Widerstand gegen die Zertrümmerung ist natürlich von der mittleren Zahl der Berührungspunkte der Körner, also von der Art der Einfüllung der Masse in das Gefäß abhängig, und daher müssen die Prüfungen in verschiedenen Zuständen (lose und festeingerüttelt) ausgeführt werden, wie oben angedeutet[3]).

Der später zu veröffentlichende Bericht des Professor Rudeloff wird den großen Werth seiner Methoden für die Vergleichung von Steinschlagmaterialien erweisen.

Die vollständige Untersuchung des zum Mörtel (Beton) verwendeten Bindemittels (Cement) muß sich erstrecken auf die

1. Feststellung der physikalischen Eigenschaften des Cementpulvers, nämlich auf:
   a) Ermittelung der Korngrößen (Mahlfeinheit); Siebversuche (oder auch Schlämmversuche);

---

[1]) Für die Kenntniß des Normalsandes wäre es z. B. erwünscht, den Undichtigkeitsgrad des reinen normenmäßig eingeschlagenen Sandes festzustellen, weil dieser maßgebend sein muß für die Beurtheilung des Grades der Raumerfüllung durch das Bindemittel und für die Beurtheilung des zur Erzielung der Plastizität im eingeschlagenen Zustande nothwendigen Wasserzusatzes zum letzteren; wie später noch nachzuweisen ist.

[2]) Vergl. „Mittheilungen“ 1896, S. 62.

[3]) Man erkennt aus dem oben Angeführten den Werth, den eine systematische Untersuchung über die Festigkeit des eigentlichen Mörtelskelettes (Sand- bezw. Kieskörner ohne Bindemittel) in seinen verschiedenen Zuständen haben muß. Hierher gehört nicht nur die Untersuchung fest eingeschlossener Massen, sondern beispielsweise auch die Prüfung der Druckübertragung im losen Hauswerk, das unter gewissen Bedingungen ausweichen kann, wie z. B. der trockene oder feuchte Sand im Baugrund unter den Fundamenten u. a. m.

b) Ermittelung des Raumgewichtes r und zwar
   α) im eingelaufenen oder lose eingefüllten Zustande,
   β) im fest eingerüttelten Zustande;
c) Ermittelung des spezifischen Gewichtes s;
d) des Dichtigkeits- und Undichtigkeitsgrades d und u
   α) im eingelaufenen oder lose eingefüllten Zustande,
   β) im fest eingerüttelten Zustande

durch Berechnung nach $d = \frac{r}{s}$ und $u = 1 - d$.

e) Ermittelung der Eigenfestigkeit des Cementes bei verschiedenem Alter, nach Erhärtung in Luft oder unter Wasser; mit den üblichen Nebenbestimmungen (Anmachewasser, Raumgewicht der Proben u. s. w.).

2. Feststellung der chemischen Eigenschaften und des von ihnen abhängigen Verhaltens als
   f) chemische Analyse, oder abgekürzte chemische Untersuchung, Schwebeanalyse;
   g) Wasseranspruch, Erhärtungsbeginn, Abbindezeit, Wärmeerhöhung (oder kalorimetrische Bestimmung der frei werdenden Wärmemenge u. s. w.).
   h) Raumbeständigkeit (Bestimmung der Treiberscheinungen und der Längenänderungen nach den verschiedenen Verfahren).

Alle zu diesen Feststellungen erforderlichen Prüfungsverfahren sind bekannt (vergl. auch „Mittheilungen" 1896. Gary).

Ich will im Folgenden nur auf diejenigen Punkte eingehen, die meinem Zwecke dienen.

Den frischen Mörtel oder Beton kann man ansehen als eine Vertheilung von mehr oder weniger groben Körnern in einer später fest werdenden breiartigen Masse, dem mit Wasser angemachten Bindemittel.

Nimmt man in einem bestimmten Raume, z. B. in einem Kubikmeter, die Vertheilung der Körner als gegeben an, so sind für die Anwesenheit des Bindemittels gewisse Grenzbedingungen festgelegt. Aber auch für die Vertheilung der Körner bestimmter Größe in einem gegebenen Raume bestehen gewisse Grenzen, die nicht überschritten werden können. Gehen wir von diesen aus.

Unter der Voraussetzung, daß alle Körner eines Mörtels Kugeln sind, kann man bestimmte Werthe für diese Grenzen finden.

Sind alle Kugeln gleich groß und erfüllen sie den Raum in der Weise an, daß sie sich gegenseitig berühren, so können (in verhältnißmäßig großen Gefäßen) außer ganz unregelmäßiger Lagerung, mehrere Arten regelmäßiger Anordnung vorkommen; die einfachsten sind in Fig. 1 und 2 angedeutet.

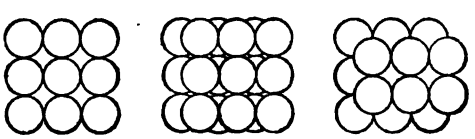


Fig. 1a. Fig. 1b. Fig. 1c.

In der Lagerung Fig. 1 liegen die Kugelmittelpunkte der einzelnen Schichten in den Ecken von Quadraten; in der Lagerung nach Fig. 2 liegen sie in den Ecken von gleich-

seitigen Dreiecken. Die lockerste Lagerung ist jedesmal in den Figuren a gegeben, in denen die Kugeln zweier übereinander liegender Schichten senkrecht auf einander liegen; in den Figuren b sind sie um einen halben Kugeldurchmesser nach rechts verschoben, und in den Figuren c liegen die Kugeln in den Lücken der unteren Schicht. Die Lagerungen c sind die dichtesten.

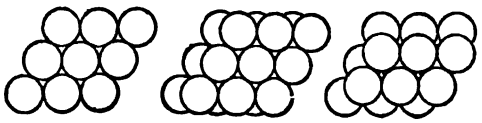


Fig. 2a. Fig. 2b. Fig. 2c.

Die Dichtigkeitsgrade und die Undichtigkeitsgrade von solchen regelmäßig geordneten Haufwerken sind aus den geometrischen Verhältnissen leicht abzuleiten; sie sind in der folgenden Tab. 1 für den Kugeldurchmesser 1 gegeben.

Tabelle 1. Dichtigkeitsgrad regelmäßig geordneter Kugeln gleichen Durchmessers.

Es bezeichnet: J den Inhalt eines Körpers, dessen Ecken in den Mittelpunkten von 8 benachbarten Kugeln liegen. J_k den Inhalt der 8 von diesem Körper aus den Kugeln herausgeschnittenen Theile (J_k = dem Inhalt einer Kugel = 0,5236 d^3).

Fig. Nr.	J =	J − J_k	b = J_k/J	u = 1 − b
1a	$1 \times 1 \times 1 = 1{,}0000$	0,4764	0,5236	0,4764
2a	$1 \times \sqrt{3/4} \times 1 = 0{,}8660$	0,3324	0,6046	0,3954
1b	$1 \times \sqrt{3/4} \times 1 = 0{,}8660$	0,3324	0,6046	0,3954
2b	$1 \times \sqrt{3/4} \times \sqrt{3/4} = 0{,}7500$	0,2264	0,6981	0,3019
1c	$1 \times 1 \times \sqrt{1/2} = 0{,}7071$	0,1835	0,7405	0,2595
2c	$1 \times \sqrt{3/4} \times \sqrt{24/36} = 0{,}7071$	0,1835	0,7405	0,2595

Dichtigkeit und Undichtigkeit wird für den Fall unregelmäßiger (zufälliger) Lagerung eines Sandes (Bindemittels) von gleicher Korngröße (Kugel), ganz unabhängig von der absoluten Größe der Körner, offenbar zwischen die in Tab. 1 angegebenen Werthe fallen, und daraus geht hervor, daß der Undichtigkeitsgrad im ganz lose eingefüllten Zustande 50 Raumprozente voraussichtlich nie erreichen wird. Der dichteste Zustand kann durch Einrütteln (Einschlagen) erzielt werden; hierbei wird bei Sanden von gleicher Korngröße (nahezu kugelförmig) die Undichtigkeit nicht wesentlich kleiner als 0,26 oder 26 Raumprozent werden können.

Kleinere Undichtigkeitsgrade können erzielt werden, wenn man die Hohlräume in dem gleichkörnigen Sand- (Kies-) skelett mit kleineren Kugeln ausfüllt, deren Größe und Zahl in ganz bestimmtem Verhältniß zu den gröbsten Körnern stehen muß, wenn man ein Mörtelstelett von größtmöglicher Dichtigkeit erzielen will. Der Vorgang ist, für die Lagerung der Kugelgröße k_1 nach der Fig. 1a, durch Fig. 3 veranschaulicht.

Die Hohlräume zwischen den großen Kugeln k_1 vom Durchmesser 1 sind durch Kugeln von den Größen k_2, k_3, und k_4 u. s. w. ausgefüllt.

Die erforderlichen Kugelgrößen bis zu k_3 lassen sich aus Fig. 3 Schnitt AB ohne weiteres ableiten. Wenn $d_1 = 1$ gesetzt wird, ist $d_2 = \sqrt{3} - 1 = 0{,}7321$ und $d_3 = 1 - d_2 = 0{,}2679$; bestimmt man hierzu noch die Kugelgrößen k_4 bis k_6 durch Konstruktion, so erhält man Tab. 2.

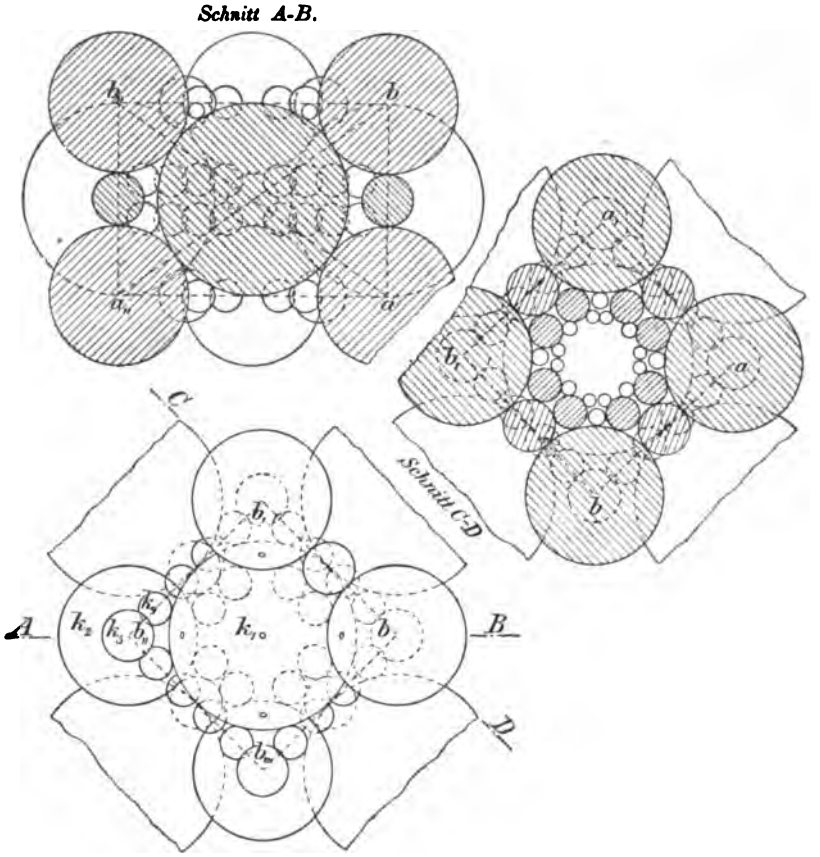


Fig. 3.

Tab. 2. **Dichtigkeitsgrad regelmäßig geordneter Kugeln ungleichen Durchmessers,** von denen die kleineren gerade in die Höhlräume zwischen den größeren passen.

Kugelgröße Nr.	Durchmesser	Zahl der Kugeln im umhüllenden Körperelement z	Inhalt einer Kugel i	Inhalt aller Kugeln J = zi	Inhalt der ineinander geschachtelten Kugeln bis zur nten Größe ΣJ	Dichtigkeitsgrad $d = \frac{\Sigma J}{J_0}$	Undichtigkeitsgrad u = 1 − d	
Umhüllungskörperelement	Würfel 1 × 1 × 1	—	—	—	$J_0 = 1{,}0000$	—	—	**Lagerung Fig. 1a und Fig. 3.**
Größe Nr. 1	1,000	1	0,5236	0,5236	0,5236	0,5236	0,4764	
2	0,7321	8/8	0,2055	0,2055	0,7291	0,7291	0,2709	
3	0,2679	12/4	0,0101	0,0302	0,7593	0,7593	0,2407	
4	0,1730	48/2	0,0028	0,0648	0,8241	0,8241	0,1759	
5	0,110	24/1	0,0007	0,0168	0,8409	0,8409	0,1591	
6	0,090	72/2	0,0004	0,0142	0,8551	0,8551	0,1449	

Bestimmt man in ähnlicher Weise für die Lagerung 2c die Kugelgrößen, die sich gerade zwischen einander einschachteln lassen, so kommt man zu folgenden Werthen.

Die 8 benachbarten Kugeln von Durchmesser 1 liegen in den Ecken eines Rhomboeders

mit den Kantenlängen 1, der sich zusammensetzt aus einem Octaeder und zwei Tetraedern von der Kantenlänge 1.

Im Octaeder ist der Durchmesser der Füllkugel zwischen den 6 Kugeln erster Größe: $d_2 = \sqrt{2} - 1 = 0{,}4142$.

Im Tetraeder ist der Durchmesser der Füllkugel zwischen den 4 Kugeln erster Größe: $d_3 = (\sqrt{3/8} - 1/2)\ 2 = 0{,}2248$.

Die Kugeln vierter Größe gehören den Tetraedern und Octraedern gemeinsam an; es wird: $d_4 = (2/3\ \sqrt{3/4} - 1/2)\ 2 = 0{,}1547$.

Eine fünfte Kugelgröße läßt sich noch kurzer Hand bestimmen; die Kugeln liegen im Octaeder und haben: $d_5 = \sqrt{1/6} - 1/2\ (d_2 + d_4) = 0{,}1238$. — Hieraus folgt Tab. 3.

Tabelle 3. Dichtigkeitsgrad regelmäßig geordneter Kugeln ungleichen Durchmessers, von denen die kleineren gerade in die Hohlräume zwischen den großen passen.

Kugelgröße Nr.	Durchmesser d	Zahl der Kugeln im umhüllenden Körperelement = z		Inhalt		Inhalt der ineinander geschachtelten Kugeln bis zur nten Größe ΣJ	Dichtigkeitsgrad $d = \frac{\Sigma J}{J_0}$	Undichtigkeitsgrad $u = 1 - d$	
		im Octaeder z	in 2 Tetraedern z	einer Kugel i	aller Kugeln J = zi				
Umhüllungskörperelement	Rhomboeder	—	—	—	—	$J_0 = 0{,}7071$			**Lagerung Fig. 2c.**
Größe Nr. 1	1,0000			0,5236	0,5236	0,5236	0,7405	0,2595	
2	0,4142	1/1	—	0,0372	0,0372	0,5608	0,7931	0,2069	
3	0,2248	—	2/1	0,0059	0,0118	0,5726	0,8098	0,1902	
4	0,1547	8/2	8/2	0,0019	0,0152	0,5878	0,8294	0,1706	
5	0,1238	8/1	—	0,0010	0,0080	0,5958	0,8426	0,1574	

Aus den Tabellen 2 und 3 kann man ableiten, daß zur Erzielung eines Betons oder eines Mörtels, in dem die gröbsten Körner in lockerer Vertheilung liegen (etwa nach Fig. 1a) zur Erzielung des gleichen Dichtigkeitsgrades an Zahl und Masse mehr feine Körner gebraucht werden als in einem Beton oder Mörtel, in welchem die groben Körner eine dichtere Lagerung (etwa nach Fig. 2c) haben. Danach wird man einem Beton, der eingefüllt werden soll, mehr feine Masse geben müssen, als man in einem Beton anwenden darf, der durch mechanisches Bearbeiten (Stampfen, Schlagen) in eine dichtere Lagerung gebracht wird, wobei zugleich auch feinere Körner verwendet werden müssen.

Zur Erzielung des Dichtigkeitsgrades 0,84 sind auf je eine Kugel von Durchmesser 1 erforderlich, bei der Lagerung nach

Fig. 1a:
1 Kugel von 0,73 Durchmesser
3 „ „ 0,27 „
24 „ „ 0,17 „
24 „ „ 0,11 „
52 Kugeln

} Masse der Füllkugeln zur Kugel von Durchmesser 1 wie 0,317 : 0,524 oder 0,60 : 1

Fig. 2c:
1 Kugel von 0,41 Durchmesser
2 „ „ 0,22 „
8 „ „ 0,15 „
8 „ „ 0,12 „
19 Kugeln

} Verhältniß wie oben: 0,102 : 0,524 = 0,20 : 1

Abweichung von der Kugelgestalt der Körner werden natürlich Verschiebungen der geschilderten Verhältnisse herbeiführen, aber die gegebenen Beispiele werden doch vielleicht genügen, um die Bedeutung der genaueren Untersuchung der für die Praxis maßgebenden thatsächlichen Verhältnisse klarzulegen.

Daß sich die vorstehenden Gedanken wegen der Einflußlosigkeit der absoluten Größen der Kugeln ohne Weiteres auf das pulverförmige Bindemittel übertragen lassen, ist selbstverständlich. Daraus folgt leicht der große Nutzen, den die Anwendung eines gemischtkörnigen Bindemittels hat und der Nutzen feiner Mahlung, der, wie später zu beleuchten, ein mehrfacher ist. (Kleine Kugeln haben bei gleicher Masse mehr Haftfläche.)

Um das Bindemittel in den plastischen oder breiförmigen Zustand überzuführen, muß der zwischen seinen Körnern verbleibende Hohlraum mit Wasser ausgefüllt werden. Die Menge des hierzu erforderlichen Wassers ist also durch den Undichtigkeitsgrad u ohne weiteres gegeben und damit zunächst abhängig von den zu den Tabellen 1—3 besprochenen Verhältnissen.

Für das Bindemittel folgt aus Tab. 1, wenn man, wie hier vorausgesetzt, von der Eigenart der chemischen Vorgänge absieht, daß der Wasserzusatz für das Bindemittel zwischen den gleichen Grenzen schwanken muß, wie der Undichtigkeitsgrad u, wenn man von dem lockersten zu dem dichtesten Zustand des Bindemittels (vom Zustand lose aufgehäuft zu fest eingerüttelt) übergeht. Kann z. B. das Bindemittel an sich zur Entwickelung der für das Abbinden erforderlichen chemischen Vorgänge mit einem geringsten Zusatz von 26 % Wasser auskommen, so muß also zur Erzielung eines dichten Körpers ohne Hohlräume, der Wasserzusatz von 26 % (auf das Bindemittel allein gerechnet) zu einem Mörtel aus gleichkörnigem Sande (Lagerung 1c oder 2c) genügen. Dabei ist vorausgesetzt, daß man dem Sande vorher soviel Feuchtigkeit zuführte, als gerade ausreicht, um seine Körner mit einer dünnen Wasserhülle zu überziehen und damit zugleich seine etwa vorhandenen Porenräume zu füllen, so daß hierfür dem Bindemittel kein Wasser entzogen wird. (Vergl. die folgenden Berechnungen von Mörteln aus Normalsand.)

Kann das Bindemittel mit diesem geringsten, seine Hohlräume gerade ausfüllenden Wasserzusatz nicht auskommen, d. h. besitzt es nicht soviel in Wasser löslichen oder chemisch umwandlungsfähigen Stoffes, daß dieser, durch die chemischen Erhärtungsvorgänge wieder fest werdende Stoff die vom Wasser eingenommenen Räume im gleichkörnigen Bindemittel später vollkommen ausfüllt, so erhält man, mineralogisch gesprochen, einen undichten Körper, der aber deswegen nicht im technischen Sinne undicht, d. h. luft- oder wasserdurchlässig zu sein braucht; die Hohlräume (Poren) werden mit Wasser ständig gefüllt bleiben können. Körper, in denen dieser Zustand herrscht, werden offenbar nicht die ganze Festigkeit entwickeln, die sie besitzen würden, wenn auch das Porenwasser ganz durch festgewordenen Stoff ersetzt sein würde. Solche an verbindungsfähigem Stoff armen Bindemittel müssen also künstlich in einen Zustand übergeführt werden, in welchem sie einen noch größeren Dichtigkeitsgrad besitzen, d. h. noch weniger Wasser in sich aufnehmen[1]). Dies kann geschehen, indem man dem Bindemittel ungleiche Korngrößen giebt.

---

[1]) Um an Grenzfälle zu erinnern, sei bemerkt, daß W. Spring aus innig gemengten Pulvern der Einzelbestandtheile durch hohe Pressung von allen Seiten Körper erzeugte, die die Eigenschaften der Verbindung hatten. Er hat also ohne Lösung und ohne die Einzelkörper aus dem festen Zustande heraustreten zu lassen, neue geschlossene feste Körper erzeugt, nur dadurch, daß er sein undichtes Pulver in einen Körper vom Dichtigkeitsgrade 1

Man kann offenbar, ohne über die Art der chemischen Vorgänge beim Abbinden irgend etwas auszusagen, einsehen, daß die Korngrößen des Bindemittels um so gleichmäßiger sein dürfen, je mehr das Bindemittel reich an verbindungsfähigem Stoff ist.

Vorgreifend möchte ich schon hier aussprechen, daß es übrigens nicht ohne Weiteres nothwendig erscheint, ein festes Bindemittel sehr fein zu mahlen. Denn man kann sich sehr wohl vorstellen, daß ein an verbindungsfähigem Stoff armes, aber grob und gleichkörnig gemahlenes Bindemittel noch vollkommen soviel verbindungsfähigen Stoffes zu liefern vermag, daß mit ihm vollkommene Dichtigkeit, d. h. Ausfüllung sämmtlicher Hohlräume im Mörtel durch feste Masse, erzeugt werden kann, wenn nur dafür gesorgt wird, daß der Undichtigkeitsgrad, d. h. der Gesammthohlraum in der trockenen Mischung von Sand und Bindemittel, hinreichend klein ist. Dies kann offenbar aber auch dadurch geschehen, daß man einen noch feiner als das Bindemittel gemahlenen Körper, z. B. Sand, hinzufügt (Sandcement, Schlacke, Traß, soweit diese nicht chemisch wirkend sind.)[1])

Wenn, wie hier vorausgesetzt, das Bindemittel so beschaffen ist, daß nicht die ganze Masse verbindungsfähigen Stoff darstellt, so ist es zu verstehen, weshalb man es staubfein mahlen muß, wenn große Festigkeiten erzielt werden sollen. Abgesehen davon, daß die Gelegenheit, verbindungsfähigen Stoff abzugeben, mit der Feinheit der Mahlung wächst, kann auch das staubfein gemahlene Bindemittel in dem Theil, der etwa nicht zur Umwandlung kommt und eigentlich nur als Füllmasse wirkt, den Hohlraum zwischen den Sandkörnern um so wirksamer verkleinern helfen, je feiner das Bindemittel gemahlen wird; feine Mahlung empfiehlt sich also besonders für an verbindungsfähiger Masse arme Stoffe.

Hieran schließt sich wohl die Frage, wie weit es angängig ist, den Wasserzusatz zu einem Bindemittel zu vermehren. Die Antwort liegt auf der Hand. Die zuzusetzende Wassermenge ist vernunftgemäß abhängig von der verfügbaren Menge des verbindungsfähigen Stoffes im Bindemittel. Denn es muß offenbar zur Bildung von Hohlräumen (die mit Flüssigkeit gefüllt sein können) kommen, wenn diese verfügbare Menge erschöpft ist, so daß nicht genügend feste Masse erzeugt wird, um alle Räume zu füllen. Dieser Umstand braucht aber, wie hier ausdrücklich wiederholt sei, noch keineswegs zur Durchlässigkeit des Mörtelkörpers für Luft oder Wasser zu führen.

Aus dem Aufsatze des Abtheilungsvorstehers, Herrn Gary, Heft 6. 1896 der „Mittheilungen" habe ich eine Reihe von Cementen von verschiedenem Dichtigkeitsgrade (eingerüttelt) ausgewählt (Tab. 4), nach ihrem Undichtigkeitsgrade geordnet, die Versuchsergebnisse nach dem hier entwickelten Gedankengange durchgerechnet und die errechneten Werthe mit den

---

verwandelte, also unmittelbare Berührung aller Oberflächen erzeugte. Könnten wir uns ein Bindemittel denken, welches ohne Beihilfe von Wasser oder einer Flüssigkeit sich mit dem Mörtelskelett fest verbinden kann, so wird man erwarten können, daß es seine größte Festigkeit erlangen wird, wenn es dem Skelett in solcher Art zugesetzt wird, daß es mit ihm zusammen einen Körper vom Dichtigkeitsgrade 1 bildet. Das kann beispielsweise durch ein zum Theil sehr fein gemahlenes Pulver oder einen sehr großen allseitigen Druck erreicht werden. — Einen Mörtel, in dem fast nur physikalische Vorgänge sich abspielen und die chemischen fast ganz ausgeschlossen sind, kann man sich vorstellen, wenn man an die Verbindung der Sandkörner durch Leim, Schellack u. a. m. denkt, an einen Fall, der z. B. bei Herstellung von Schmirgelsteinen u. s. w. vorkommt.

[1]) Daß durch den physikalischen Zustand des Bindemittels oder des Skelettes die chemischen Vorgänge beeinflußt sind, liegt auf der Hand. Durch sehr feine Körnung (Mahlung) wird die Oberfläche und damit die Zugänglichkeit für die chemischen Wirkungen vergrößert; aber man muß beachten, daß die größere Oberfläche auch physikalisch durch Vergrößerung der Haftfläche wirkt.

Tabelle 4. **Berechnung von Dichtigkeit,**

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
	Zur Anfertigung der Festigkeitsproben										
		(eingerüttelt) einschlaggerecht									
						Wasserverbrauch in %			Raumgewichte		
Cement Nr.	Spezifisches Gewicht s	Raumgewicht r_r	Dichtigkeitsgrad d_r	Undichtigkeitsgrad u_r	Raumgewicht, wassersatt $r_w = r_r + u_r$	berechnet $w_r = \frac{u_r}{r_r} \cdot 100$	beobachtet w_r^1	$\frac{w_r^1}{w_r} \cdot 100$	der Zugprobe, beobachtet r_z^1	des Cementes in der Zugprobe berechnet $r_z = \frac{r_z^1}{1 + w_r^1/100}$	Verhältniß $\frac{r_z}{r_r} \cdot 100$
1	2,717	1,804	0,666	0,334	2,138	18,6	—	—	—	—	—
110	3,167	2,075	654	346	421	16,7	16,5	99	211	1,90	92
97	165	1,996	632	368	384	18,4	18	98	225	88	94
168°	165	982	630	370	352	18,6	16,5	89	211	90	96
104	165	981	628	372	353	18,7	(20,5)[1]	—	197	—	—
255°	065	900	622	378	278	19,8	18	91	169	86	98
35	105	926	622	378	304	19,6	18	92	141	82	95
102	130	942	622	378	320	19,5	18	92	169	84	95
233°	146	958	622	378	336	19,3	17	88	197	88	96
59	056	888	619	381	269	20,2	18	89	197	87	99
165	156	905	619	381	331	20,0	17,5	88	155	83	96
74	129	929	618	382	311	19,8	17	86	225	90	98
95	129	845	590	410	255	22,2	19	86	183	84	100
81	145	858	590	410	268	22,1	20,5	93	183	81	98
64	165	860	590	410	270	22,1	18,5	84	183	84	99
45	165	845	586	414	259	22,3	18	81	197	87	101
202°	068	784	582	418	202	23,4	19,5	83	141	79	100
2	125	811	580	420	231	23,2	19,3	83	113	77	98
46	133	812	579	421	233	23,3	18,5	79	169	83	101
80	086	775	576	424	199	23,8	19,0	80	183	83	103
88	165	813	573	427	240	23,5	18,5	79	141	81	100
187°[4])	2,907	624	560	440	064	27,2	19,5	72	973	65	102
181°	3,125	720	553	447	167	25,9	20	77	2,183	82	106
17	3,125	690	542	458	148	27,1	20	74	2,127	78	106
101[5])	2,857	489	523	477	1,966	32,0	—	—	—	—	—
236°	2,876	445	504	496	1,941	34,4	31	90	1,831	40	100
237°	2,831	387	509	491	1,896	35,3	30	84	1,817	40	101

Bemerkungen: [1]) Nach dem Antrage. [2]) 37? [3]) 111?

durch Beobachtung gefundenen in Vergleich gestellt. Die Tabelle wird aus den Kopfüberschriften ohne Weiteres verständlich sein.

Aus Spalte 9 ergiebt sich, daß das wirklich aufgewendete Anmachewasser den Gesammtinhalt der Hohlräume im eingerüttelten Cement stets übersteigt und zwar um so mehr, je größer der Undichtigkeitsgrad im eingerüttelten Cement ist. Aus Spalte 13 erkennt man, daß bei Cementen von mittleren Undichtigkeitsgraden, die Dichtigkeit der Lagerung im fest gewordenen Cementkörper (unter der Annahme freilich, daß die Cementkörner als solche bestehen bleiben) nahezu der Dichtigkeit im eingerüttelten Cement entspricht. Bei dichten Cementen wird das Verhältniß zwischen Raumgewicht der Zugprobe und Raumgewicht des eingerüttelten Cementes kleiner und bei undichtem Cement größer als 100. Welchen Einfluß die Anwesenheit von verhältnißmäßig viel „Siebgroben" spielt, kann man aus den Spalten 14—18, namentlich bei den Cementen der unteren Reihen erkennen.

Raumgewicht, Wasserverbrauch des Cementes.

13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	27.	28.
Siebversuche					Zur Anfertigung der Abbindeproben (syrupartig) einfüllgerecht										
Siebrückstände in % auf dem Sieb mit n Maschen auf 1 qcm					Raumgewicht	Dichtigkeitsgrad	Undichtigkeitsgrad	Raumgewicht, wassersatt	Wasserverbrauch in %			Festigkeiten in at			
									berechnet	beobachtet		Zug		Druck	
5000	900	600	324	180	r_e	b_e	u_e	r'_w	w_e	w'_e	$\frac{w'_e}{w_e}.100$	7 t	28 t	7 t	28 t
16	0	—	—	—	0,860	0,317	0,683	1,543	44,4	57,5	130	—	—	—	—
28	2	0,8	0	—	1,340	424	576	916	30,1	32	106	34,0	46,5	275	346
16	0	—	—	—	295	411	589	884	31,2	32,5	104	53,6	55,8	366	419
30	0	—	—	—	365	434	566	931	29,4	32	109	47,4	55,4	—	—
30	1	0,4	0	—	300	412	588	888	31,2	31,5	101	—	—	—	—
10	2	0,3	0,2	0	153	378	622	775	35,0	35,5	101	43,2	56,1	377	489
18	0	—	—	—	314	423	577	891	30,6	35	115	39,3	48,0	288	355
14	0	—	—	—	225	392	608	833	33,2	33	100	42,2	48,5	—	—
20	0,2	0	—	—	245	397	603	848	32,6	33	101	36,2	—	288	—
22	0,2	0	—	—	223	402	598	811	32,8	34,5	105	63,8	50,9	438	473
14	2	0,8	0,2	0	230	390	610	840	33,2	27 [2])	82 [3])	39,0	47,7	293	391
16	0	—	—	—	260	403	597	857	32,2	32	100	41,7	54,3	332	432
14	0	—	—	—	227	393	607	834	33,2	35	106	38,7	41,3	222	306
10	0	—	—	—	260	401	599	859	32,2	40	125	45,0	53,7	268	377
14	0	—	—	—	257	398	602	859	32,4	35	108	34,7	42,2	204	282
18	0	—	—	—	204	383	617	821	34,0	35	103	46,7	51,7	339	438
18	0,2	0	—	—	164	378	622	786	34,8	39	112	29,1	42,2	240	355
12	0	—	—	—	233	395	605	838	35,0	37,5	107	41,9	49,3	330	416
24	0	—	—	—	228	393	607	835	33,2	36	109	49,4	54,0	340	449
18	0	—	—	—	180	383	617	797	34,3	38	111	43,1	49,9	293	360
5	0	—	—	—	192	377	623	815	34,4	36	105	50,8	54,1	334	377
40	0,6	0	—	—	135	392	608	743	34,9	39	112	5,4	10,5	22,0	59,4
32	5	3	1	0	156	370	630	786	35,2	39	111	34,2	43,6	—	—
14	0	—	—	—	075	346	654	729	37,9	39	103	33,2	44,9	—	—
10	0	—	—	—	0,912	320	680	592	42,8	51	119	—	—	—	—
44	22	18	14	8	0,898	313	687	585	43,5	50	115	22,2	24,5	173	203
48	24	16	10	3	0,875	309	691	566	44,3	51	115	19,2	29,1	120	183

[2]) Nicht raumbeständig. [3]) Schlackencement.

Die Spalten 19 bis 25 geben den Vergleich des wirklichen Wasserverbrauches zur Erzeugung der syrupartigen Beschaffenheit zum Undichtigkeitsgrade der eingelaufenen Cemente. Der erforderliche Wasserüberschuß wird um so größer, je größer der Undichtigkeitsgrad des Cementes, d. h. der Wasseranspruch an sich ist. In dieser Gegenüberstellung fällt der Cement 1 auffallend aus der Reihe, und ein Gleiches findet man in der folgenden Tab. 5.

In Tab. 5 sind die Verhältnisse berechnet, wie sie bei der Herstellung des Normenmörtels für die Festigkeitsprüfungen eintreten, wenn 1 Gewichtstheil Cement und 3 Gewichtstheile Normalsand mit Wasser so angemacht werden, daß beim hundertsten Schlage Wasseraustritt erfolgt.

Der preußische Normalsand (Freienwalde) hat folgende Eigenschaften:

Korngröße (als Kugel gerechnet) zwischen 0,870 und 0,589 mm, d. h. $d_{max} : d_{min} = 1 : 0{,}677$.

Tabelle 5. Berechnung von Dichtigkeit, Raum-

Normalsand: $r_r = 1{,}678$; $b_r = 0{,}663$; $u_r = 0{,}367$; 1 kg $= 1/r_r = 0{,}596$ L.;

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
	Cement (eingerüttelt)					Wasserzusatz beobachtet		Hohlraum im Cement L.	Wasserüberschuß	
Cement Nr.	Raumgewicht r_r	Undichtigkeit u_r	b_r	1 kg = L. $1/r_r$	Ueberschuß des Sandhohlraumes $0{,}655 - 1/r_r$	in % w	in L. $w' = w\frac{4}{100}$	$1/r \cdot u_r$	im Cement L. $w\frac{4}{100} - \frac{1}{r}u_r$	in Cement + Sand L. Spalte 10 — 6
1	1,804	0,334	0,666	0,553	0,102	10	0,400	0,184	0,216	0,114
110	2,075	346	654	482	173	9	360	167	193	020
97	1,996	368	632	501	154	9,5	380	184	196	042
168	982	370	630	504	151	9,5	380	186	194	043
104	981	372	628	503	152	9,7	388	187	201	049
255	900	378	622	526	129	8 [3]	320	198	122	— 005
35	926	378	622	519	136	10	400	196	204	068
102 [2]	942	378	622	513	154	9,5	380	194	186	044
233	958	378	622	511	144	9,0	360	193	167	023
59	888	381	619	530	125	9,5	380	202	178	053
165	905	381	619	526	129	9,25	370	200	170	041
74	929	382	618	518	137	9	360	197	163	026
95	845	410	590	541	114	9,5	380	222	158	044
81	858	410	590	539	116	10	400	221	179	063
64	860	410	590	538	117	10	400	220	180	063
45	845	414	586	541	114	10	400	224	176	062
202	784	418	582	556	099	10	400	223	167	066
2	811	420	580	552	103	10	400	232	168	065
46	812	421	579	552	103	10	400	233	167	064
80	775	424	576	560	095	10	400	237	163	068
88	813	427	573	549	106	—	—	234	—	—
187	624	440	560	612	043	10	400	270	130	087
181	720	447	553	577	078	10	400	257	143	065
17	690	458	542	589	066	10	400	270	130	064
101 [1]	489	477	523	666	— 001	10	400	317	083	—
236	445	496	504	687	— 032	12	480	341	139	—
237	387	491	509	713	— 142	12	480	350	130	—

Bemerkungen: [1]) 101 = Schlackencement. [2]) 102 norwegischer Normalsand. [3]) Nach Antrag. [4]) Zu $u = 0{,}361$; 1 kg Sand = 0,617 L.; 3 kg Sand = $3 \times 0{,}617 \times 0{,}639 = 1{,}175$ L. dichte Masse und

Einheitsgewichte: Spezifisches Gewicht $s = 2{,}65$; Raumgewichte, eingerüttelt $r_r = 1{,}678$, eingefüllt $r_f = 1{,}397$.

Dichtigkeitsgrad: $b_r = \frac{r_r}{s} = 0{,}633$ und Undichtigkeitsgrad $u_r = 1 - b = 0{,}367$.

1 kg Normalsand $= \frac{1}{1{,}678} = 0{,}596$ L.

Rechnet man, um sich ein Bild von den im Normenprobekörper herrschenden Verhältnissen zu machen, mit einem fingirten Cement von den mittleren physikalischen Eigenschaften des Portlandcementes, so darf man folgende Zahlen benutzen.

Korngröße, gegenüber der Korngröße des Normalsandes sehr klein; kann also alle Hohlräume ausfüllen.

gewicht, Wasserverbrauch des Normenmörtels.

3 × 0,596 L. enthalten: dichte Masse 1,135 L. und 0,655 L. Hohlraum.

12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.

Probekörper für Zug- und Druckversuch

Raumgewichte, beobachtet		Mischung: 1,790 L. Sand + $1/r$ Cement + w^1 Wasser				Verhältniß $\frac{r_z}{r^1} \cdot 100$	Raumgewicht des reinen eingeschlagenen Cementes		Verhältniß Spalten	
		Dichte Masse		in Summe L. Spalte 14+15	berechnet Raumgewicht $r^1 = \frac{4\text{ kg}+w^1}{\text{Spalte 16}}$	Spalte $\frac{12}{17} \cdot 100$	in Zugprobe r_z^c	in Druckprobe r_z^c	$\frac{19}{12} \cdot 100$	$\frac{20}{13} \cdot 100$
Zugprobe r_z	Druckprobe r_d	Cement $1/r_r \cdot b_r$	Sand+w^1 1,135+w^1							
2,183	—	0,369	1,535	1,904	2,31	95	—	—	—	—
225	2,225	316	495	811	41	93	2,211	2,225	95	100
225	254	318	515	833	39	93	225	254	100	100
239	—	318	515	833	39	94	211	—	99	—
254	—	317	523	840	38	95	197	—	98	—
211	211	329	455	784	43	87	169	169	98	98
254	248	323	535	858	37	95	141	138	95	95
211	216	320	555[1])	875	33	94	169	—	98	—
239	237	318	495	813	41	93	197	203	98	99
225	225	327	515	842	37	94	197	192	99	99
225	231	325	505	830	38	94	155	197	97	98
254	254	319	495	814	41	94	225	223	98	98
254	254	319	515	834	39	94	183	180	97	97
254	248	318	535	853	37	95	183	180	97	97
239	234	317	535	852	37	95	183	177	98	98
254	248	317	535	852	37	95	197	197	97	97
239	239	324	535	859	37	94	141	155	96	96
268	262	320	535	855	37	96	113	107	93	93
239	239	318	535	853	37	95	169	169	97	97
254	254	322	535	857	37	95	183	183	97	97
268	268	315	—	—	—	—	141	147	94	94
169	163	342	535	877	35	92	1,973	1,969	91	91
225	—	319	535	854	37	94	2,183	—	98	—
254	—	319	535	854	37	95	127	—	94	—
225	211	349	535	884	33	95	—	—	—	—
085	090	346	615	961	28	92	1,831	1,775	88	85
000	028	363	615	978	27	88	1,817	1,872	91	92

den Proben wurde norwegischer Normalsand benutzt; $r_r = 1{,}622$; $s = 2{,}65$ (angenommen); $b = 0{,}639$; $1{,}851 \times 0{,}361 = 0{,}667$ L. Hohlraum.

Einheitsgewichte: Spezifisches Gewicht $s = 3{,}1$; Raumgewicht $r_r = 1{,}9$.

Dichtigkeitsgrad: $b_r = 0{,}614$; $u_r = 0{,}386$.

3 kg Normalsand entsprechen $3 \cdot 0{,}596 = 1{,}790$ L. eingerüttelt. Hierin ist an dichter Masse $1{,}790 \cdot b_r = 1{,}135$ L. und an Hohlräumen $1{,}790 \cdot u_r = 0{,}655$ L. enthalten. Um diese Hohlräume auszufüllen, ist vorhanden 1 kg Cement oder $\frac{1}{1{,}9} = 0{,}527$ L. Die fehlenden $0{,}655 - 0{,}527 = 0{,}128$ L. Hohlräume im Normalsand und die $0{,}527 \cdot 0{,}386 = 0{,}203$ L. Hohlräume im Cement, also zusammen 0,331 L. müssen durch das Anmachewasser ausgefüllt werden, wenn im eingeschlagenen Probekörper das Sandskelett die dichte Lagerung einnehmen soll, wie im eingerüttelten Zustande des reinen Sandes und wenn dann das Wasser gerade alle Poren-

räume ausfüllen soll. Es müßten also 0,331 L. Wasser zugesetzt werden, oder auf die pulverförmige Masse (4 kg) umgerechnet $\frac{0{,}331 \cdot 100}{4} = 8{,}25\,\%$[1]).

Ueber das Verhalten verschiedener Cemente im Normenmörtel ergeben Tab. 4 und 5 Folgendes.

Aus Spalte 6 geht hervor, daß mit wachsender Undichtigkeit des zum Normenprobekörper benutzten Cementes der Sandhohlraum im eingerüttelten Zustande durch den Cement immer besser ausgefüllt wird, bis etwa vom Undichtigkeitsgrade 0,470 ab, der Cement im Ueberschuß vorhanden ist. Aus Spalte 10 ergiebt sich dann, daß das Anmachewasser in allen Fällen, auf den Cementhohlraum gerechnet, thatsächlich im Ueberschuß zugesetzt worden ist, und daß dieser Ueberschuß mit wachsendem Undichtigkeitsgrade des Cementes im eingerüttelten Zustande abnimmt. Aus Spalte 11 kann man entnehmen, daß über den vom Cement sammt Sand gebotenen Hohlraum hinaus durchgängig etwa noch 20 bis 80 g Wasser aufgewendet worden sind, dessen Menge im Allgemeinen, wenn auch nur wenig, mit der Undichtigkeit des Cementes zugenommen hat.

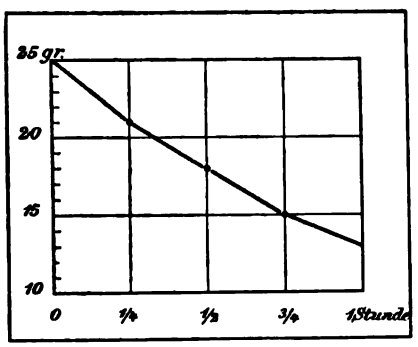


Fig. 4. Wassermenge von 500 g Normalsand auf absaugender Unterlage zurückgehalten.

Um zu erfahren, wieviel Wasser der Normalsand auf absaugender Unterlage festzuhalten vermag, d. h. wieviel Wasser er zur Benetzung seiner Körner im lose aufgehäuften Zustande festhält, habe ich den in Fig. 4 dargestellten Versuch gemacht.

Hiernach haben 500 g Normalsand, bis zum Ablaufen mit Wasser angemacht, 25 g Wasser zurückgehalten und hiervon im Verlauf von 1 Stunde noch 12 g durch Absaugen und Verdunsten abgegeben. Rechnet man mit beiden Grenzwerthen, so würden die 3 kg oder 1,79 L. Normalsand 0,150 L. Wasser zur Benetzung brauchen und davon nach 1 Stunde (unter gleichen Verhältnissen wie oben) noch 0,072 L. festhalten. (Nach Spalte 11 Tab. 5 beträgt der thatsächliche Wasserüberschuß 0,020 bis 0,080 L.)

Es ist wohl klar, daß der trockene Sand dem Cement ungefähr den letztgenannten Betrag entziehen würde, wenn man nur gerade die Hohlräume des Cementes mit Wasser füllen wollte, und die Ueberlegung ergiebt bald, daß dann der Cement seine ganze Bindekraft nicht entwickeln wird.

Die Spalten 12 bis 18 geben die Berechnung der Dichtigkeitsverhälnisse in den Normen-Probekörpern, und besonders ist in Spalte 18 ein Vergleich zwischen den aus den Dichtigkeitsgraden von Sand und Cement im eingerüttelten Zustand und dem Wasseranspruch errechneten Raumgewichten zu den beobachteten Werthen enthalten. Man findet hier für fast alle Undichtigkeitsgrade nahezu das gleiche mittlere Verhältniß 0,93 bis 0,95. Vergleicht man das Raumgewicht des eingeschlagenen Normenkörpers aus reinem Cement (Spalte 19 und 20) mit dem Raumgewichte des Mörtelkörpers (Spalte 12 und 13), so sieht man aus Spalte 21 und 22, daß das Verhältniß im Mittel sich etwa auf 0,98 stellt. Der Cementkörper ist also durchgängig leichter als der Mörtelkörper, obwohl seine ursprüngliche feste Masse, der Cement,

[1]) Unter Umständen kann aber schon beim Anmachen ein Theil des Wassers chemisch gebunden werden, dann wird man in Wirklichkeit einen größeren Wasserzusatz haben müssen, um doch wieder Plastizität des Mörtels (Wasseraustritt beim hundertsten Schlag) zu erreichen.

ein spezifisches Gewicht $s = 3{,}1$ hat, das größer ist als das spezifische Gewicht des Sandes ($s = 2{,}65$). Danach muß in den Hohlräumen des Cementes und Sandes ein verkittendes (bindendes) Mittel entstehen, dessen spezifisches Gewicht noch wesentlich kleiner ist als das Raumgewicht der Probekörper, weil die mikroskopische Beobachtung an Dünnschliffen lehrt, daß sichtbare Porenräume in wesentlichem Betrage nicht vorhanden sind.

Die Veröffentlichung des Abtheilungsvorstehers, Herrn Gary, gab mir Anlaß, auch die Verhältnisse in einem magereren Mörtel in Vergleich zu ziehen.

Unter Nr. 88 sind die Werthe für Mischungsverhältnisse von 1 : 2; 1 : 3; 1 : 5; 1 : 7 und 1 : 9 Cement zu Normalsand angegeben. Stellt man die Rechnungen hierfür nach den vorhin benutzten Grundsätzen an, so kommt man zu den in Tab. 6 angegebenen Zahlenwerthen.

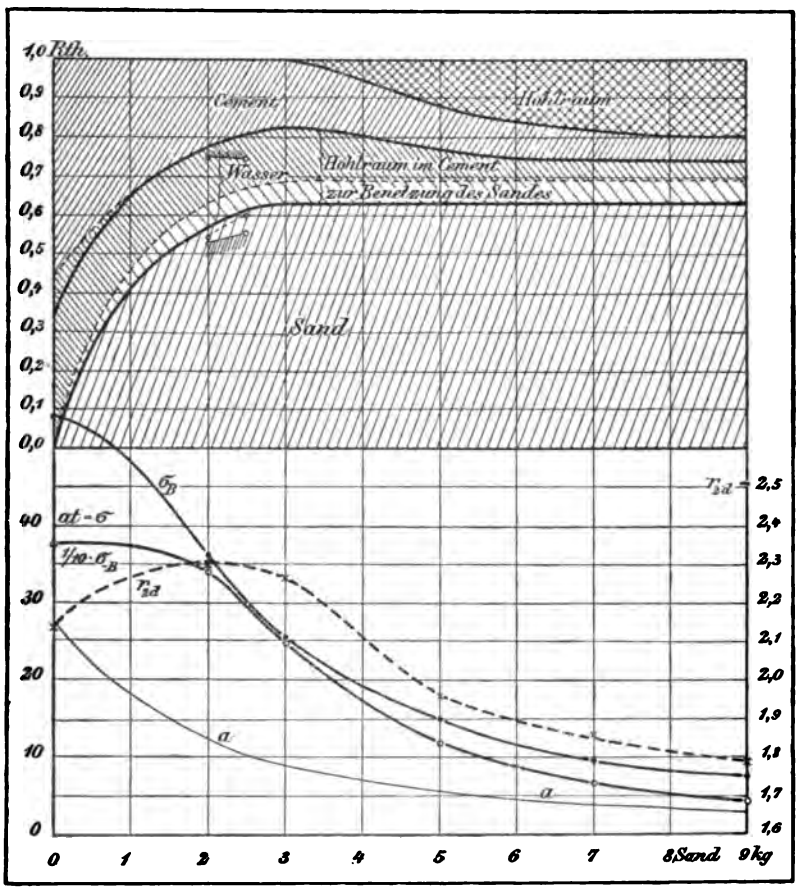


Fig. 5. **1 kg Cement + n kg Normalsand.** (Cement 88 Tab. 6.)
Darstellung des Mörtelzustandes in verschiedenen Mischungen und der Abhängigkeit von Dichtigkeit und Festigkeit der Probekörper. (Nach Gary: Mitth. Berlin 1896 S. 256.)

Diese Zahlenwerthe lassen sich in einem Schaubild, Fig. 5, übersichtlich darstellen, aus welchem die Verhältnisse, wie sie im Mörtel aus 1 Gewichtstheilen Cement, n Gewichtstheilen Normalsand und w% Wasser bestehen, anschaulich hervorgehen. In Fig. 5 sind im oberen Theil nach den Spalten 17 bis 23 der Tab. 6 die in der Raumeinheit des Mörtels (berechnet

Tabelle 6. Mörtel aus Cement und Normal-

Sand: $r_r = 1{,}678$; $b = 0{,}633$; $u = 0{,}367$; 1 kg = 0,597 L. —

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Mischung: Cement auf		In Raumtheilen							
		Sand						Raumgewicht, beobachtet	
n kg. Sand	mit w% Wasser auf 1 + n kg Masse	$1/r_r \cdot n =$ 0,597 . n	Hohlraum Sp. 3 . $u_r =$ (u_r=0,367)	Sandhohlraum — Cement Sp. 4—0,315	Wasserzusatz $w' = w\frac{1+n}{100}$	Sp. 6 — Hohlraum im Cement Sp. 6—0,234	Zur Benetzung von 1 L. Sand Sp. 7/n	Zugprobe r_z	Druckprobe r_d
kg.	%	L.	L.	L.	L.	L.	L.		
a 0	18,5	(0,549)[1])	(0,234)	—	(0,185)	(—0,049)	—	2,141	2,147
b 2	9,0	1,194	0,437	0,122	270	036	0,018	2,296	2,298
c 3	8,5	1,791	0,656	0,341	340	106	35	2,268	2,268
d 5	6,5	2,985	1,095	0,780	390	156	32	1,958	1,958
e 7	6,0	4,179	1,530	1,215	480	246	35	1,859	1,856
f 9	6,0	5,373	1,965	1,650	600	366	41	1,789	1,803

[1]) Die eingeklammerten Zahlen beziehen sich auf den reinen Cement.

cbm	cbm	1 cbm Cement wog 1500 kg; also $r_c = 1{,}500$ oder mit $s_c = 3{,}13$ gerechnet 1 cbm Sand wog 1500 kg; also $r_s = 1{,}500$ oder mit $s_s = 2{,}65$ (Normal-							
g 2,0	0,54	2,000	0,870	—0,130	0,540	0,020	0,010	Mörtelergiebigkeit	0,607
h 2,5	0,66	2,500	1,088	+ 0,088	0,660	0,140	0,056		0,617
								beobachtet	0,622
									0,630

auf den eingerüttelten Zustand von Sand und Cement) vorhandenen Mengen an Sand-, Cement- und Wassermasse, sowie an Hohlräumen in Raumtheilen dargestellt, indem die einzelnen Flächen durch verschiedene Schraffur gekennzeichnet wurden. In die Fläche für den Wasserantheil ist eine punktirte Linie eingetragen, welche den Wasserantheil abgrenzt, der die Hohlräume des Cementes erfüllt und denjenigen Theil, der zur Benetzung der Sandkörner im weiter oben erläutertem Sinne dient. Die in die Cementfläche fallende punktirte Linie dient zur Korrektur für die augenscheinlich zu niedrig gegriffene Wassermenge zum Anmachen des reinen Cementes.

Man erkennt aus dem Mörtelschaubild leicht, daß die Mischungen mit mehr als 3 Gewichtstheilen Normalsand mit dem thatsächlich angewendeten Wasserzusatz Hohlräume enthalten müssen und daß sie unmöglich beim Einschlagen in gleichem Sinne plastisch werden können, wie man es für den Normenmörtel in Anspruch nimmt. Um dies durch den Versuch zu belegen und um zugleich einen Einblick über die Wirkung des Wasserzusatzes auf das mikroskopische Gefüge und die Festigkeit zu bekommen, ließ ich eine Mischung 1 zu 9 mit 6,0, 8,9, 14,4 und 16,0 % Wasser einschlagen. Erst bei 16 % Wasserzusatz trat beim hundertsten Schlage Wasser aus, während vorher auch 150 Schläge kein Wasser abzuscheiden vermochten. 16 % Wasser entsprechen aber 1,600 L. in Raumtheilen; Cement 88 gab nach Spalte 5, Tab. 6 in der Mischung 1 zu 9 1,650 L. vom Cement nicht erfüllten Hohlraum, eine Uebereinstimmung zwischen Rechnung und Wirklichkeit, die befriedigend sein wird.[1])

[1]) Die an einzelnen Körpern ermittelten Festigkeiten nach 28tägiger Erhärtung siehe Tabelle 7 auf Seite 105.

sand in verschiedenen Mischungsverhältnissen.

Cement 88: 1 kg = 0,549 L. mit 0,234 L. Hohlraum und 0,315 L. dichte Masse.

11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.

Berechnung des Mörtelrückstandes im Probekörper

Im Mörtelkörper ist vorhanden						In der Raumeinheit ist vorhanden					Vom Wasser dient zur	
an dichter Masse				an Hohlraum		dichte Masse			Hohlraum			
Sand Spalte 3 . 0,633	Cement	Wasser	in Summa	im Cement	im Mörtel Sp. 3 — Sp. 14	Sand	Cement	Wasser	im Mörtel	im Cement	Füllung des Cement-hohlraumes	Benetzung des Sandes
L.	L.	L.	L.	L.	L.	Rth.	Rth.	Rth.	Rth.	Rth.	Rth.	Rth.
—	0,315	0,185	0,500	0,234	(0,049)	—	0,575	0,338	—	0,428	0,338	—
0,756	315	270	1,341	234	—	0,563	235	202	—	196	196	0,006
1,135	315	340	1,790	234	—	634	176	190	0,000	131	131	059
1,895	315	390	2,600	234	0,385	633	105	131	131	078	078	053
2,650	315	480	3,445	234	0,734	633	075	115	177	056	056	059
3,400	315	600	4,315	234	1,058	633	059	111	197	044	044	067

Die eingeklammerten Zahlen beziehen sich auf den reinen Cement.

$b_c = 0{,}480$ und $u_c = 0{,}520$.

sand) gerechnet $b_s = 0{,}565$ und $u_s = 0{,}435$.

1,130	0,480	0,540	2,150	0,520	—	0,526	0,223	0,251	—	0,242	0,242	0,009
1,413	0,480	0,660	2,553	0,520	—	0,555	0,188	0,258	—	0,204	0,258	0,054
		beob. achtet	2,205 2,618									

Tabelle 7. **Gewichte, Zug- und Druckfestigkeiten an Probekörpern aus 1 Gewth. Cement zu 9 Gewth. Normalsand und w % Wasserzusatz.**

(An je einem Körper nach 28 Tagen ermittelt.)

Wasserzusatz w	Zugprobe		Druckprobe		Wasseraustritt erfolgte nach Schlägen
	Gewicht	Festigkeit $\sigma_{B\,28}$	Gewicht	Festigkeit $\sigma_{B\,28}$	
%	g	at	g	at	
6	136	8,2	694	35,0	150 nicht
8,9	138	7,7	693	33,0	150 nicht
14,4	139	7,8	—	—	150 nicht
16,0	138	6,2	693	22,0	100

Aus den Zugprobekörpern werden Dünnschliffe für mikroskopische Untersuchung gefertigt.

Die Garyschen Angaben über den Cement 88, Tab. 4 und 5, legen nahe, die Gesetze über die Veränderung des Raumgewichts und der Festigkeit der Proben mit wachsendem Sandzusatz zu studiren. Ich habe die betreffenden Werthe zum Theil in Tab. 6 eingetragen, zum Theil zur Verzeichnung des unteren Theiles von Fig. 5 benutzt. Die Linie r_{zd} giebt nach Spalte 9 und 10 das mittlere Raumgewicht der Zug- und Druckproben für verschiedene Mischungen wieder. Man sieht, daß ein Maximum des Raumgewichtes etwa für die Mischung 1 zu 2 besteht, daß dieses für den reinen Cement geringer ist und daß es mit wachsendem Sandgehalt über 2 hinaus abfällt, bis es sich bei Mischungen über 1 zu 9 hinaus schließlich dem Raumgewicht des eingerüttelten Sandes (1,678) nähert. Einen ähnlichen Verlauf, wenn auch ohne ausgeprägtes Maximum haben die Linien für die Zugfestigkeit σ_B und Druckfestigkeit $\bar{\sigma}_B$ (in $^1/_{10}$ aufgetragen).

Aus den beiden Linienzügen für die Festigkeit erkennt man, außer deren gleichen Charakter, im Vergleich mit dem Verlauf der Linie für den Sandantheil in der Raumeinheit des Mörtels, daß der Hauptantheil an der Mörtelfestigkeit wohl unzweifelhaft dem Cement, beziehungsweise dem aus ihm durch das Wasser erzeugten Kittstoff zugeschrieben werden muß. Denn selbst beim Druckversuch, wo doch (nach dem früher Gesagten) die Eigenfestigkeit des Sandskelettes zum Ausdruck kommen müßte, fällt, trotz der gleichbleibenden Sandmenge in den Gemischen von mehr als 3 Gewichtstheilen Sand, die Druckfestigkeit genau in gleicher Weise, wie die Zugfestigkeit. Es kommt offenbar die Festigkeit der Cementbrücken zwischen den einzelnen Körnern in erster Linie zur Wirkung. Diese Cementbrücken nehmen, wie die Verhältnisse des Schaubildes Fig. 5 oben einleuchtend zeigen, an Querschnittsgröße mit wachsendem Sandzusatz ab, nicht weil die Sandmenge in der Raumeinheit abnimmt[1]), sondern weil in den Sandhohlräumen die Cementmenge abnimmt. Um diese Abnahme übersichtlich darzustellen, habe ich die Linie a a aus der oberen Figur nach Fig. 5 unten übertragen.

Aus Fig. 5 ergeben sich folgende Fragen.

a) Welchen Einfluß auf Raumgewicht und Festigkeit der Proben hat es, wenn man in den Mischungen mit höherem Sandgehalt das Anmachewasser soweit vermehrt, daß der Hohlraum in allen Fällen gefüllt ist? — Offenbar wird durch die Menge des Anmachewassers der physikalisch-chemische Prozeß der Bildung des bindefähigen (verkittenden) Stoffes beeinflußt; es wird hier eine obere Grenze für das Anmachewasser geben, die darin liegt, daß das Wasser den im Hohlraum vorhandenen Cement schließlich nicht vollständig mehr zur Ausnutzung bringt[2]), so daß die neu gebildete feste Masse den Hohlraum nicht mehr lückenlos ausfüllt. Der Einfluß auf die Zugfestigkeit wird hierbei voraussichtlich ein anderer sein, als derjenige auf die Druckfestigkeit.

b) Welchen Einfluß auf Raumgewicht und Festigkeit der Proben hat es, wenn man in den Mischungen mit höherem Sandgehalt den entstehenden Hohlraum durch feinere Sandkörner ausfüllt? Nach welchem Gesetze wird die Zugfestigkeit, nach welchem Gesetze die Druckfestigkeit beeinflußt?

Man sieht auch hier Fragen von einiger praktischer und wissenschaftlicher Bedeutung auftauchen, deren systematisches Studium wohl der Mühe werth ist, die zu ihrer Lösung aber Muße und Geld erfordern.

Die voraufgeschickten Betrachtungen lehren, daß zur Erzielung eines dichten Mörtels oder Betons Folgendes zu beachten ist.

Vorausgesetzt, daß das Bindemittel wesentlich theurer ist als das Füllmaterial des Mörtels, so ist die größte Sparsamkeit jedenfalls dann zu erreichen, wenn die Lagerung der Körner im Mörtelskelett (bis zu einer durch die Eigenschaften des Bindemittels gegebenen Grenze) möglichst dicht wird. Je geringer der Undichtigkeitsgrad des Sandes (Kieses) im Mörtel (Beton), desto geringer der Bindemittelverbrauch.

---

[1]) Bei den mageren Mischungen (von 1 : 3 und weiter) bleibt das Mörtelskelett, also auch die Sandmenge völlig gleich (Fig. 5), aber das Bindemittel füllt die Hohlräume nicht mehr aus.

[2]) Wenn das Wasser nicht mehr genügende Mengen des Bindemittels zu lösen oder chemisch umzuwandeln vermag, dann wird offenbar ein Theil der Bindemittelkörner, auch dann, wenn das Bindemittel an sich ganz dem chemischen Prozeß zugänglich sein würde, die Rolle der Sandkörner im Mörtelskelett übernehmen müssen, d. h. als Bindemittel unausgenutzt bleiben.

Um diese dichte Lagerung zu erreichen, müssen die Korngrößen sowie die Zahl der Körner in den einzelnen Größenklassen in bestimmten Verhältnissen zu einander stehen, so daß die auf einander folgenden Größen immer gerade in den Lücken zwischen den gröberen Körnern Platz haben. Das kann natürlich praktisch nur annähernd erreicht werden, aber man erkennt, welchen Werth die Bestimmung der Korngröße, der Menge der Körner in jeder Größenklasse und des Undichtigkeitsgrades von Sand und Kies hat.

Die Form der Sand- und Kieskörner (Steinschlag noch mehr) weicht aber erheblich von der Kugelgestalt ab, und es ist daher schwer, durch Rechnung auch nur angenähert zu den vortheilhaftesten Abstufungen in den Korngrößen zu gelangen. Indessen man kann auf empirischem Wege der Sache nahe kommen. Durch scharfes Aussieben[1]) des zu untersuchenden Sandes (Kieses) kann eine Reihe von Korngrößen abgesondert und bei diesen für sich der Undichtigkeitsgrad bestimmt werden. Die mittlere Korngröße und die Anzahl der Körner in der Raumeinheit läßt sich durch Auswiegen einer bestimmten Anzahl Körner (100 oder 1000) ermitteln, und aus der Zahl der Lücken und dem Undichtigkeitsgrade kann die Gesammtgröße des von den kleineren Körnern auszufüllenden Raumes gefunden werden. Dieser Raum dient dann zur Schätzung für die Abmessungen der zweiten Korngröße u. s. w.

Aus mehreren Reihen von solchen Untersuchungen würde sich schließlich auf zeichnerischem Wege eine Korngrößenreihe aufstellen lassen, die zu der dichtesten Lagerung der Kornmasse führt und den meisten praktischen Verhältnissen entspricht.

Die Ausfüllung der Lücken durch immer kleinere Körner kann aber wieder nur bis zu bestimmten Grenzen geführt werden, die sich nur durch den Versuch bestimmen lassen. Sie darf nur soweit getrieben werden, daß das Haufwerk von Körnern zwischen sich noch soviel von dem breiförmig angemachten Bindemittel aufnehmen kann, daß der beste Verkittungszustand d. h. die größte Dichtigkeit oder größte Festigkeit erreicht wird. Man erkennt hieraus leicht, daß es eine Grenze für die Hinzufügung feinen Sandes zum Mörtel geben muß, einen Punkt, von dem ab unter Umständen die Erfahrung, daß durch Hinzufügung sehr feinen Sandes die Festigkeit verbessert wird, sich umkehrt[2]).

Die Betrachtung, die soeben für den Sand (Kies) angestellt wurde, giebt auch für das Bindemittel einige Gesichtspunkte.

Die zum Anmachen des Bindemittels erforderliche Menge Wasser ist durch zwei Umstände bedingt. Physikalisch ist sie gegeben durch die Forderung, daß das Bindemittel plastisch werden muß, chemisch ist sie bedingt dadurch, daß das Bindemittel im Mörtel (Beton) soviel Wasser finden muß, als es zur vollkommensten Erhärtung, d. h. zur Erzeugung der größtmöglichen Festigkeit, braucht.

---

[1]) Auch durch Setz- und Sortireinrichtungen, wie sie beispielsweise von Richards (Trans. Am. Inst. Mining Engs. 1897 u. XXIV. XXVI.) angewendet wurden, kann man die Beschaffenheit der Materialien sehr gut verfolgen.

[2]) Aus dem hier Entwickelten ergiebt sich die Bedeutung, die eine klärende Untersuchung der hier berührten Fragen hat, und es wäre sehr zu wünschen, daß Bauverwaltungen oder große Firmen der Versuchsanstalt die Möglichkeit geben, solche Untersuchungen in ausgedehntem Maaße vorzunehmen. Die Kenntniß der Eigenschaften des Mörtels kann dadurch wesentlich gefördert werden. Jedenfalls darf man sagen, daß zur vollständigen Untersuchung eines Bausandes nothwendiger Weise die Bestimmung der Korngrößenverhältnisse gehört.

Die Bestimmung der ersteren Wassermenge ist durch den Undichtigkeitsgrad des pulverförmigen Bindemittels ohne Weiteres gegeben und es bedürfte, wenn nur die Forderung der Plastizität maßgebend wäre; eigentlich nicht der besonderen Feststellung durch den praktischen Versuch, wie es üblich ist. Ist der durch den Undichtigkeitsgrad des Bindemittelpulvers gegebene Porenraum bekannt, so hat man bei Zugabe von soviel Wasser, daß dieser Porenraum gerade ausgefüllt ist, das, was man Plastizität eines feuchten Pulvers nennt, erreicht. Etwas mehr Wasser, als es der Undichtigkeitsgrad des eingelaufenen Pulvers erfordert, wird den breiförmigen Mörtel geben. (Verhältnisse, die in Tab. 4 schon berührt sind.)

Man erkennt wohl ohne Weiteres, daß mit Voraufgehendem die Sache nicht erschöpft ist, denn es kommt ja noch darauf an, welcher Undichtigkeitsgrad der Wasserbestimmung zu Grunde gelegt werden soll. Da ist zu bemerken, daß ein Bindemittel, dem nur soviel Wasser zugesetzt wird, als dem Undichtigkeitsgrad im fest eingerüttelten Zustande entspricht, nicht plastisch sein kann, wenn man den Wasserzusatz zum losen Pulver macht. Um dieses plastisch zu machen, muß eben, wie früher schon gesagt, noch mechanische Arbeit aufgewendet werden, die die Bindemittelkörner in den Zustand dichtester Lagerung überführt, so daß das Wasser alle Hohlräume ausfüllt. Die Masse muß, gehörig bearbeitet, z. B. in die Form eingeschlagen werden.

Soll das lose, mit dem Spatel gerührte Pulver plastisch werden, so muß man ihm jenen Wasserzusatz geben, den es nach dem Undichtigkeitsgrade im eingelaufenen Zustande verlangt.

Aus dem bis jetzt Entwickelten ergiebt sich wohl die Zweckmäßigkeit, bei der Beurtheilung und Prüfung der Bindemittel von den Raumgewichten und Dichtigkeitsgraden auszugehen und in Folge dessen alle Zusammensetzungen, wie es ja auch meistens geschieht, nach Raumtheilen zu berechnen. Aber man sollte bei diesen Angaben sich möglichst frei machen von der in der Praxis seit Alters her üblichen Form der Angaben (die ja deswegen keineswegs zu fallen braucht), bei welcher die Raumtheile aufgezählt werden, die für irgend eine Mischung abgemessen werden sollen, z. B. 1 : 3; 1 : 1 : 3; 1 : $1\frac{1}{2}$: 3 usw. Die Angabe dessen, wie viel von irgend einem festen und flüssigen Bestandheil (Kies, Sand, Bindemittel verschiedener Korngröße) in der Raumeinheit (1 cbm) vorhanden ist, sollte wenigstens für wissenschaftliche Abhandlungen und technische Beschreibungen eingeführt oder neben die altgebräuchlichen Mischungsbezeichnungen gesetzt werden. Die große Uebersichtlichkeit dieser Darstellungsweise dürfte aus Fig. 5 wohl einleuchten. Aus den neben den Raumprozenten angegebenen Dichtigkeitsgraden (aus Raumgewicht r und spezifischem Gewicht s) kann die Mörtelergiebigkeit, Betonergiebigkeit, Dichtigkeit des Mörtel-(Beton-)körpers ohne Weiteres berechnet werden. Da das Anmachewasser im Wesentlichen zur möglichsten Nutzbarmachung der Eigenschaften des Bindemittels dient, und es sehr darauf ankommt, daß seine Menge mit Rücksicht hierauf richtig bestimmt wird, so sollte man neben der Angabe des Wassergehaltes in der Raumeinheit des Mörtels (Betons) auch das Verhältniß der Wassermenge zum Bindemittel und zu dessen Undichtigkeitsgrad angeben.

Um eine Uebersicht zu liefern, habe ich in Tab. 5 in den Zeilen g und h zwei Mörtelmischungen durchgerechnet, die von Herfeldt in seinen „Mittheilungen über das Verhalten hydraulischer Bindemittel in Seewasser und Süßwasser" Seite 14 angegeben sind. Die Ergebnisse der Rechnung habe ich alsdann oben in Fig. 5 eingetragen (dünne Linien mit Kreisen

an den Enden). Herfeldt erhielt, Mörtel g, von 3,54 cbm Mörtelbestandtheilen 2,205 cbm Mörtel, also eine Ergiebigkeit von 0,622. Die Rechnung ergab 2,150 Mörtelmasse und eine Ergiebigkeit von 0,607. Nach Spalte 4 überwiegt die angewendete Cementmenge den Sandhohlraum um 0,123 cbm und das Wasser den Cementhohlraum um 0,010 cbm. Handelte es sich darum, einen dichten Mörtel zu erzielen, so darf man sagen, daß im Falle g eine Verschwendung von etwa 12% Cement stattgefunden hat, die noch dazu kaum einen wesentlichen Vortheil hinsichtlich der erreichten Mörtelfestigkeit mit sich bringen dürfte. Vom Mörtel h erhielt Herfeldt aus 4,16 cbm Bestandtheilen 2,618 cbm Mörtel, also eine Ergiebigkeit von 0,630, während die Rechnung ergab 2,555 cbm Mörtel und die Ergiebigkeit 0,617; der Cement füllt den Sandhohlraum nicht mehr ganz aus, es bleibt 0,088 Hohlraum, welcher von dem Wasserüberschuß über den Cementhohlraum, nämlich 0,056 cbm nur zum Theil gefüllt wird.

Beachtet man, daß die Eigenschaften des Sandes und Cementes nicht erschöpfend bestimmt waren, sondern über das spezifische Gewicht Annahmen gemacht werden mußten, so ist die Uebereinstimmung zwischen Rechnung und Beobachtung hinreichend gut. Man erkennt also auch hier wohl die praktische Bedeutung einer eingehenden Untersuchung der Bausande. Durch die richtige Körnung des Sandes lassen sich unter geeigneten Umständen Ersparnisse erzielen.

Diese Betrachtung führt dazu, das Zustandekommen der Festigkeitseigenschaften im Mörtel (Beton) unabhängig von der Erzielung größter Dichte zu studiren.

Ohne auf die bisher unvollkommen bekannten chemischen Vorgänge beim Abbinden und Erhärten des Mörtels einzugehen, will ich es versuchen, eine Vorstellung von den physikalischen Vorgängen zu gewinnen. Dabei wird man vom Bindemittel (ich spreche hier namentlich vom Cement) ausgehen müssen. Besonders wird es darauf ankommen, den Wasserzusatz so zu wählen, daß das Bindemittel an sich in gegebener Zeit, oder überhaupt seine größte Festigkeit erreicht; es ist dann mit diesem Wasserzusatz und soviel Wasser mehr anzumachen, als zur Benetzung des verwendeten Sandes ausreicht, wenn man die Bindemittelfestigkeit technisch vollkommen im Mörtel ausnutzen will. Das ist natürlich nur soweit möglich, als zugleich der Mörtel die Fähigkeit erlangt, beim Einschlagen (Einstampfen) plastisch oder beim Vermauern mauergerecht zu werden.

Ist nun die in dem plastischen Bindemittel enthaltene Wassermenge ausreichend, um den chemischen Erhärtungsprozeß vollkommen zu ermöglichen?

Das ist eine Frage, die bei der Unkenntniß der Verbindungen im Cementpulver, im erhärtenden und im erhärteten Cement recht schwer zu beantworten ist, wenn auch ein Theil der Antwort sich durch das äußere Verhalten und die Ergebnisse empirischer Versuche errathen läßt.

Betrachtet man mit Wasser angemachtes unbedecktes Cementpulver unter dem Mikroskop, so erkennt man bald, wie an den einzelnen Körnern Anwachsungen, dicke Zähnchen, entstehen und an der der Verdunstung zugänglichen Wasserfläche sich Körnchen um Körnchen bildet, Taf. I, Fig. 6; diese Körnchen lagern sich bald eng an einander an, und das ganze Präparat ist von ihnen bedeckt. Bringt man dasselbe Pulver mit Wasser unter ein Deckglas und sorgt dafür, daß das Wasser nicht verdunsten kann, so sieht man die Körner rauh werden wie Stachelschweine. Lange Nadeln schießen in den mit Wasser erfüllten Raum hinein und bilden einen

dichten Filz von Krystallnadeln, Fig. 7. Schließlich bildet sich um jedes Korn eine ganze Hülle von Krystalltäfelchen, Fig. 8, und in den Hohlräumen zwischen den Körnern entstehen mehr oder minder große, scharf ausgebildete Krystalle, oder Krystallhaufwerke, Fig. 9. Zuweilen sind die einzelnen Körner ganz in Höfe der neugebildeten Masse eingebettet, die allmählich an Umfang zunehmen, Fig. 10. Diese Sache will ich hier indessen nicht weiter verfolgen, auch auf die chemischen Vorgänge gar nicht eingehen, aber soweit physikalische Folgewirkungen eintreten, sind sie zu betrachten.

In dem mit Wasser angemachten, d. h. mit soviel Wasser versetzten Bindemittel, daß alle Hohlräume zwischen den Körnern ausgefüllt sind, werden zunächst Lösungs-, Quellungs- oder andere Umwandlungsprozesse eintreten, die soweit gehen, bis das Wasser gesättigt, gebunden oder verdunstet ist. Dann beginnt die Erstarrung und das Festwerden der Lösung durch Krystallisation oder durch Anreicherung und Festwerden einer gelatinösen Lösung. Die neugebildete Masse setzt sich an das Cementkorn an und wächst von da aus in den wassererfüllten Hohlraum hinein.

Bei diesem Vorgange kann die Löslichkeit oder die Umwandlungsfähigkeit der Bindemittelkörner größer sein als das Lösungsvermögen der vorhandenen Wassermasse. Dann kann beim Abbinden nicht die ganze lösliche oder verbindungsfähige Masse des Bindemittels verbraucht werden, der Rest hat dann keine andere Wirkung, als die der Füllmasse zur Verkleinerung des Porenraumes. Auch der Fall ist denkbar, daß die Wassermenge zu groß ist und die lösliche oder umwandlungsfähige Menge vollständig erschöpft wird. In diesem Falle würde die Erhärtung erst beginnen können, nachdem ein Theil des die Hohlräume erfüllenden Wassers aus dem Bindemittelbrei verschwunden ist. *Ein im Wasserüberschuß in Bewegung bleibendes* oder unter dieser Bedingung auch nur genügend oft geschütteltes *Cementpulver bindet nicht ab*, weil ihm die Möglichkeit genommen wird, in seinen Hohlräumen eine hinreichend konzentrirte Lösung zu bilden, so daß das Erstarren stattfinden kann.

Ist die ganze Masse des Cementkornes in Wasser löslich?

Das ist nicht wahrscheinlich, wenigstens müßte dann diese Löslichkeit eine außerordentlich geringe sein, oder das Cementkorn müßte durch chemische Vorgänge im Wasser sich mit einer unlöslichen schützenden Hülle überziehen. Ich machte den Versuch, Cementpulver in einem Wasserstrom wochenlang in Bewegung zu halten; leider verunglückte der Apparat, so daß ich keine Verlustbestimmung machen konnte. Aber eine sichtbare Abnahme der Pulvermenge und Korngröße habe ich nach dem Fortspülen der feinsten Theile auch nach Wochen nicht wahrgenommen. Eine Cementpulverprobe, die ich wochenlang ohne Erneuerung mit einer Wassermenge von etwa dem doppelten Rauminhalt der wassergesättigten Cementmasse schüttelte, wurde später nach langem Stehen fest und schied große Krystalle in sich aus. Der abgebundene Cement wird jedenfalls in hohem Maße wasserunlöslich, das beweist ja einfach seine Verwendbarkeit zu Wasserbauten.

Ist nicht die ganze Masse des Cementkornes wasserlöslich, so kann man sich die Löslichkeit doch nur als eine örtlich beschränkte vorstellen. Die Löslichkeit kann dann nur von abgegrenzten Punkten der Kornoberfläche aus in das Innere sich erstrecken, bis der dem Wasser zugängliche lösliche Stoff entfernt wurde und eine feine Grube zurückblieb. Ist der Aufbau der Masse des Cementkornes aber dieser Art, so ist natürlich die Größe der Löslichkeit der ganzen Masse des Cementpulvers von der Korngröße des Cementes, also *von der Mahlfeinheit noch mehr abhängig*, als dies bei einem vollkommen löslichen Pulver der Fall sein würde. Der feingemahlene Cement bietet im ersten Falle mehr nutzbare lösliche Masse

als der grobgemahlene, und darum ist er ausgiebiger in der Erhärtung; im zweiten Falle bietet das feine Korn mehr Angriffsfläche, und darum geht die Lösung leichter und schneller von statten. Die gleiche Gewichtsmenge eines Cementes giebt im ersten Falle größere Festigkeit im Normenmörtel und giebt, wenn dies auch noch nicht zahlenmäßig erwiesen sein sollte, doch der Erfahrung entsprechend unter sonst gleichen Umständen eine größere Dichtigkeit des Mörtels, wenn der Cement in feinerer Mahlung verwendet wird; die Wirkung der Oberflächenvergrößerung ist zu beachten.

Da die Löslichkeit und die Umwandlungsfähigkeit in verkittende Stoffe jedenfalls mit der Mahlfeinheit wächst und die zur Erstarrung erforderliche Konzentration demgemäß schneller erreicht wird, so ist es zu verstehen, daß der feine Cement auch schneller abbindet als der grobe; auch hier wirkt die Oberflächenvergrößerung mit.

Würden die Cementkörner als Kugeln angesehen werden können, so ergiebt sich aus den Betrachtungen zu Tab. 1 und 2, daß die Mahlfeinheit an sich keinen sehr erheblichen Einfluß auf den Dichtigkeitsgrad des fest eingerüttelten Cementes haben kann. Der für die Ausfüllung der Hohlräume erforderliche Wasserverbrauch bei einem Haufwerk aus feinen und einem solchen aus groben Kugeln würde der gleiche sein, wenn in jedem einigermaßen ähnliche Größenstufen vorhanden wären. Angenähert wird dieses Gesetz wohl auch auf das vielgestaltige Cementkorn zutreffend sein.

Man weiß, daß die Größe des Wasserzusatzes die Festigkeit des reinen Cementes ebensowohl beeinflußt als diejenige des Normenmörtels 1 : 3. Es giebt eine bestimmte Menge des Anmachewassers, die die größte Festigkeit liefert; zu viel Wasser und zu wenig Wasser vermindert die Festigkeit. Warum?

Mir scheint, weil zu wenig Wasser zu wenig Masse löst, um die Hohlräume ausfüllen zu können, zu viel Wasser aber die Erstarrung verzögert und hinausschiebt, und wenn Gelegenheit zum langsamen Entweichen gegeben ist, ebenfalls Hohlräume oder einen mehr oder minder undichten Kristallfilz bildet. Mikroskopische Untersuchungen an Dünnschliffen würden hier Aufklärung schaffen können. Welche Rolle spielt beim Erhärten das Aufbewahrungswasser?

Man schützt die Probekörper in der ersten Zeit nach ihrer Herstellung vor Zugluft in einer mit Wasserdampf geschwängerten Umgebung, weil sonst die Festigkeit leidet. Im frischen Körper kann das Wasser noch leicht entweichen, bevor es in den Hohlräumen sich ganz mit löslichen Körpern anreicherte, denn die Verbindungskanäle von Pore zu Pore nach außen hin sind noch nicht geschlossen. Dann entstehen Lücken und die Festigkeit muß leiden. Wie verläuft der Erhärtungsvorgang unter Abschluß der Luft in einem absolut feuchten Raum?

Die voraufgehenden Betrachtungen führen zu folgenden Fragen.

Wenn die Löslichkeit eines Theiles der Cementmasse wirklich die vorhin erläuterte Rolle spielt, kann man in einem der nicht löslichen Cementmasse an Korngröße und Undichtigkeit gleichen Haufwerk von Körnern (etwa in einem durch strömendes Wasser möglichst vollkommen ausgelaugten Cementpulver) genau die gleichen Festigkeiten erzielen, wie im Körper aus frisch angemachtem Cement, wenn man dieses Haufwerk mit einer konzentrirten Lösung tränkt, die den löslichen Körpern im Cement genau entspricht, womöglich aus ihm durch Auslaugen gewonnen ist? Zeigt ein so hergestellter Körper gleichen Erhärtungsfortschritt, wie der aus frischem Cement geformte?

Spielt die Löslichkeit eines Theiles der Cementmasse wirklich die vorhin erläuterte Rolle, so hätte die Feststellung, ob in Cementen verschiedener Erzeugungsart in dem Grade der Löslichkeit Verschiedenheiten bestehen, ein großes Interesse. Man darf dann vermuthen, daß die Unterschiede in den Festigkeiten und Verhalten verschiedener Cemente sich zum großen Theil auf diese Verschiedenheiten zurückführen lassen. Hier öffnet sich wieder ein Feld für die Forschung, die aber Zeit und Geld kostet.

Von Wichtigkeit wird aber dann auch die Frage, ob der einem Cement eigenthümliche Löslichkeitsgrad (Umwandlungsfähigkeit in kittenden Stoff) im gegebenen Falle voll zur Ausnutzung kam? Und ferner, ob mit fortschreitender Erhärtung Veränderungen im Löslichkeitsgrade vor sich gehen, dadurch etwa daß die in den Hohlräumen ausgeschiedene Masse mit der Zeit unlöslicher wird? Daß sich hieran die Fragen nach der Art der chemischen Umwandlungen eng anschließen, ist selbstverständlich, aber diese sollen hier außer Acht gelassen werden. Man darf aber aus dem Verhalten normaler Cemente schließen, daß diese Umwandlungen in der Regel nicht solcher Art sein können, daß die neugebildeten Körper einen größeren Raum einnehmen, als er der in Lösung gegangenen Masse und dem zur Erhärtung verfügbaren Porenwasser entspricht. Die im normalen Verlauf bei der Erhärtung sich neubildenden Körper müssen also entweder ohne Raumvermehrung entstehen oder ihr Entstehungsprozeß wird in dem Augenblick unterbrochen, in dem der Porenraum ganz ausgefüllt ist. Man sieht, daß die weitere Erforschung dieser Fragen erst ein richtiges Verständniß für die Beurtheilung der wirthschaftlichen Ausnutzung des Cementes erschließen wird. Aber wo sind bisher Versuche zur planmäßigen und erschöpfenden Aufsuchung der Gesetze des Abbindens von Cementmörteln gemacht worden?

Außer der Frage wegen der Größe des nothwendigen Wasserzusatzes und der Wirkung der geringeren oder größeren Menge des Anmachewassers auf Dichtigkeit und Festigkeit der Körper aus dem reinen Bindemittel (Cement) interessirt besonders auch die bereits mehrfach berührte Frage über die gesetzmäßigen Wirkungen des geänderten Mischungsverhältnisses zwischen Bindemittel und Sand (Kies oder Steinschlag). Diese Frage berührt ganz besonders das wirthschaftliche Gebiet; von großer Bedeutung ist sie aber auch für die wissenschaftliche Klärung gewisser Fragen, deren Lösung bislang vorwiegend als Arbeitsgebiet der Chemie betrachtet wurde.

Wenn in einem Mörtelskelett (Sand, Kies, Steinschlag) der Bindemittelzuschlag plus Anmache- und Benetzungswasser den Hohlraum im Skelett nicht ganz zu füllen vermochte und man zur Erzielung des breiförmigen Mörtels einen Ueberschuß von Wasser zufügte, so braucht daraus noch nicht nothwendiger Weise die Festigkeit und Durchlässigkeit des abgebundenen Mörtels vermindert zu werden; es kommt nach Voraufgehendem offenbar auf das Maß des Wasserzusatzes im Verhältniß zum im Bindemittel verfügbaren verbindungsfähigen Stoff an[1]), und die Grenzen lassen sich nur durch den Versuch bestimmen.

Hinsichtlich der Durchlässigkeit für Flüssigkeiten oder Gase kann selbst ein Mörtel, der ungefüllte Porenräume enthält, noch dicht sein, wie folgende Ueberlegung ergiebt.

---

[1]) Wenn hiervon nicht genug da ist, um mit dem entstehenden Produkt die Hohlräume füllen zu können, so kann es wohl vorkommen, daß man mit weniger Wasser, als zur Füllung der Hohlräume nöthig ist, die größte erreichbare Festigkeit erhält.

Wenn die Hohlräume im abgebundenen Mörtel nicht ausgefüllt sind, so wird sich finden, daß der verkittende Stoff die einzelnen Sand- und Bindemittelkörner als feine Haut überzieht, daß diese den Zwischenraum zwischen den einzelnen Körnern (bei a Fig. 11) überbrückt und so, wenn genügend Stoff vorhanden und die Kornlagerung nicht zu locker ist, den Porenraum P völlig abschließt. Treffen diese Voraussetzungen nicht zu, so wird die zwischen den Körnern ausgespannte Haut (bei a_1 im Porenraum P_1 dargestellt) zerreißen, und es wird nur eine bindende Brücke an den Berührungsstellen der Nachbarkörner entstehen. Im ersteren Falle kann also ein magerer Mörtel dicht (undurchlässig — dieses ist der bessere Ausdruck) sein, obwohl er Porenräume enthält. Im zweiten Falle wird der Körper durchlässig, wenn der größte Theil der Poren mit einander in offener Verbindung steht.

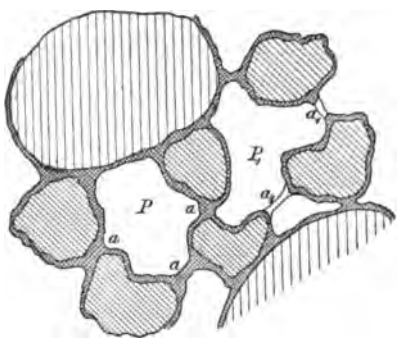


Fig. 11.

Diese Umstände beeinflussen auch die Festigkeit, wie bei Besprechung von Fig. 5 bereits gesagt; in welchem Maße das der Fall ist, kann nur der Versuch lehren, er wird ergeben, daß auch hier ein bestimmtes Gesetz herrscht, dessen große Züge darstellbar sein und sich dem früher Gesagten anschmiegen dürften.

Bei meinen Betrachtungen habe ich aus mehrfachen Gründen, darunter der, daß mir zur Zeit die Möglichkeit fehlt, mich persönlich hinreichend zu unterrichten, von der Hineinziehung der chemischen Seite der Abbindeverhältnisse abgesehen. Daß sie nicht vernachlässigt werden darf, ist mir klar bewußt, aber ich glaubte auch so zu einer weiteren Verfolgung von Gedanken anzuregen, zu deren schnellem und vollkommenem Ausbau der Versuchsanstalt zur Zeit die Mittel und Hülfskräfte fehlen. Ich hoffe aber durch diese öffentliche Anregung zu erreichen, daß andere Kräfte die Gedanken verfolgen und so nicht nur die Wissenschaft, sondern auch der Nutzwerth unserer Materialien gehoben wird. Zur Vermeidung von Mißverständnissen habe ich noch hinzuzufügen, daß ich sehr wohl weiß, daß die hier entwickelten Gedanken nicht neu sind, aber ich hielt es für nothwendig, sie einmal, wenn auch bruchstückweise zusammenzuschreiben. Dies schien mir um so mehr nützlich, als von Seiten der Vertreter der Chemie, z. B. in der Frage des Verhaltens der Bindemittel im Meerwasser, über die Wirkung der Zuschläge von Schlacke, Traß u. s. w. die physikalischen Vorgänge bei der Mörtelbildung vielleicht doch zu wenig Beachtung gefunden haben. Die chemischen Prozesse sind beeinflußt von den physikalischen Zuständen. Erschweren diese die Berührung der chemisch wirksamen Stoffe mit dem Bindemittel wesentlich, wie es nach Herbeiführung geeigneter Verhältnisse im Mörtelskelett z. B. bei der Einwirkung des Seewassers auf das Bindemittel der Fall sein kann, so kann selbst ein dem Angriff an sich nicht widerstehendes Bindemittel im Mörtel oder Beton diesem Angriff sehr lange oder, praktisch, dauernd Widerstand leisten. Ueber diese Fragen kann nur der Versuch auf breiter Basis, und zwar nur unter intensiver Mitwirkung der Chemie und der Mikroskopie entscheiden. So weit die Auffindung von Gesetzen in Frage kommt, wird der Versuch im Laboratorium, so weit die Bedürfnisse der technischen Praxis zu befriedigen sind, wird der Versuch im Großen mehr am Platze sein.

---

2. Einfluß des Prüfungsverfahrens auf das Ergebniß der Biegeproben bei niederen Wärmegraden.

Vom stellvertretenden Direktor und Vorsteher der Abtheilung für Metallprüfung, Professor M. Rudeloff.

In Heft 5 der „Mittheilungen" 1895 habe ich die Ergebnisse von „Untersuchungen über den Einfluß der Kälte auf die Festigkeitseigenschaften von Eisen und Stahl" mitgetheilt, die sich auf drei Sorten Schweißeisen, auf Siemens-Martin-Flußeisen, Thomas-Stahl, Federstahl und Gußstahl erstreckten und Zugversuche, Stauchproben und Biegeproben umfaßten. Die letzteren waren mit unverletzten, an den Rändern abgerundeten Probestücken auf der Presse angestellt und führten zu dem folgenden Ergebniß:

„Die Abkühlung auf — 20 C° übte im Allgemeinen nur einen geringen Einfluß auf die Biegsamkeit der untersuchten Eisensorten aus.

Der Biegungswinkel ging nur beim Federstahl von 91° auf 84° und beim Hammereisen von 150° auf 139° zurück, während die Proben aus den übrigen Materialien sich auch bei — 20 C° wie bei Zimmerwärme um 180 C°, d. h. bis zur parallelen Lage der beiden Schenkel zusammenbiegen ließen.

Die Biegegröße war sogar bei — 20 C° zum Theil größer als bei Zimmerwärme und nur bei dem Siemens-Martineisen und dem Thomasstahl war sie von 100 auf 88 zurückgegangen.

Auch das Aussehen der Proben an der Biegestelle ließ keine Veränderung der Materialeigenschaften durch die Abkühlung auf — 20 C° wahrnehmen.

Die Abkühlung auf — 80 C° blieb bei dem weichen Nieteisen und bei dem gewalzten Schweißeisen ebenfalls ohne erhebliche Nachtheile auf die Biegsamkeit der Probestreifen, bei allen übrigen Materialien litt die Biegsamkeit jedoch durch die tiefere Kälte.

Am deutlichsten tritt dies Ergebniß in der Abnahme der Biegegröße zu Tage beim Federstahl, Gußstahl und beim Hammereisen, zugleich auch im geringeren Biegungswinkel. Am meisten litt die Biegsamkeit durch die Kälte beim Gußstahl und beim Federstahl, beim Siemens-Martin- und Thomaseisen etwa in gleichem Grade und am wenigsten bei den drei Schweißeisensorten."

Wenn nun hiernach auch, abgesehen von den beiden Sorten Schweißeisen, nämlich dem weichen Nieteisen und dem gewalzten Konstruktionseisen, der Einfluß starker Kälte (— 80 C°) unverkennbar in Verminderung der Biegsamkeit der Proben hervortrat, so war er doch erheblich geringer, als ihn besonders Steiner[1]) bei seinen Kälteversuchen gefunden hatte.

Diese Versuche hatten ergeben, daß:

a) unverletztes Schweißeisen durch die Kälte in seiner Biegsamkeit nicht beeinträchtigt wurde, während verletztes an Biegungsfähigkeit verlor und körnigen Bruch an Stelle des im ungekühlten Zustande faserigen Bruches annahm und

[1]) Wochenschrift des Oesterr. Ingenieur- und Architekten-Vereines, 1891, S. 290.

b) Flußeisen und noch mehr Stahl bei starker Abkühlung schon im unverletzten und besonders im verletzten Zustande große Sprödigkeit zeigten. Die Proben zersprangen ohne nennenswerthe Biegung nach wenigen Schlägen klirrend wie Glas.

Nun hatte Steiner seine Versuche nicht auf der Presse, sondern unter dem Hammer ausgeführt und ferner neben unverletzten Proben auch solche mit absichtlich erzeugten Verletzungen (Einkerbungen) verwendet. Es erschien daher nicht ausgeschlossen, daß das stärkere Hervortreten des Einflusses der Kälte in dem Prüfungsverfahren begründet war. Um hierüber Aufschluß zu erlangen, sind mit dem bei der eingangs erwähnten Untersuchung erübrigten Material noch folgende Biegeproben bei Zimmerwärme (+ 20 C°), bei — 20 C° und bei — 80 C° angestellt:

1. auf der Presse mit eingekerbten Proben,
2. unter dem Schlagwerk
   a) mit unverletzten Proben,
   b) mit eingekerbten Proben.

Die Versuchsausführung.

Die Proben erhielten sämmtlich 150 mm Länge. Sie wurden bei dem in Form von Winkeleisen vorliegenden Material, dem Schweißeisen, dem Siemens-Martin-Flußeisen und dem Thomasstahl, wie bei der früheren Untersuchung in der Längsrichtung aus den Schenkeln als Flachstäbe von etwa 30 mm Breite mit der Kaltsäge herausgeschnitten. Die Walzhaut wurde auf den Breitseiten belassen. Die im unverletzten Zustande zu prüfenden Stücke wurden an den Kanten abgerundet. Die Einkerbung an den verletzten Proben wurde auf der Hobelmaschine mit Hülfe eines spitzen Stahles mit etwa 60° Spitzenwinkel hergestellt. Die Tiefe der Einkerbung betrug bei allen Proben etwa 1,5 mm.

Die Proben aus den Rundstangen, dem Federstahl und dem Tiegel-Gußstahl waren bei den früheren Untersuchungen auf 15 mm Durchmesser abgedreht worden, weil die vorhandene Schraubenpresse zum Biegen der kurzen unbearbeiteten Proben nicht ausreichte. Bei den neueren Untersuchungen blieben sie unbearbeitet und behielten somit den ursprünglichen Durchmesser von 25 mm.

Die Einkerbung wurde bei diesen runden Proben auf der Drehbank hergestellt. Die Proben wurden zu diesem Zweck an beiden Stirnseiten symmetrisch, aber um etwa 1,5 mm excentrisch angekörnt und der Schlitten des Stahlhalters ursprünglich so eingestellt, daß die Spitze des Drehstahles die rotirende Probe an der Stelle größter Excentrizität gerade berührte. Zum Einschneiden in die Probe wurde er dann um 1 mm vorangeschoben. Die Einkerbung erhielt somit 1 mm größte Tiefe und verlief von hier aus gleichmäßig nach beiden Seiten.

Die Biegeproben bei stetig wachsender Biegung wurden wie früher auf der Schraubenpresse ausgeführt. Die Freilage betrug 120—130 mm, der Krümmungshalbmesser für die Abrundung des Druckstückes, unter dem die erste Biegung bis zu etwa 90 Grad erfolgte, 12,5 mm. Die Proben, die hierbei nicht gebrochen waren, wurden durch Belastung der Schenkelenden weiter zusammengedrückt.

Die Schlagbiegeproben wurden unter dem kleinen Fallwerk (Bauart A. Martens, vergl. „Mittheilungen" 1893 Heft 4, Taf. I) ausgeführt. Hierbei betrug die Freilage der

Proben 120 mm, das Gewicht des Fallbären etwa 37,5 kg. Die Hammerbahn des Bären war ursprünglich nach etwa 12 mm abgerundet. Im Laufe der Untersuchung veränderte sich die Abrundung jedoch, indem besonders die runden Proben in die Hammerbahn sich eindrückten.

Die angewendeten Fallhöhen sind in den nachstehenden Tabellen angegeben. Sie betrugen bei den Flachstäben 0,5 m und bei den runden Proben im unverletzten Zustande 2,0 m. Die verletzten Rundstäbe wurden bei Zimmerwärme mit verschiedenen Fallhöhen geprüft. Für die Versuche im durchkälteten Zustande wurde dann diejenige Fallhöhe ausgewählt, bei der in Zimmerwärme etwa 3—4 Schläge bis zum Bruch hatten gegeben werden können.

Zur Erzeugung der niederen Wärmegrade diente eine Kältemischung aus gestoßenem Eis und Kochsalz von etwa — 20 C° und für — 80 C° feste Kohlensäure.

Die Dauer der Durchkältung vor Beginn des Versuches betrug etwa 15—30 Minuten. Die Proben zu den Biegeversuchen auf der Presse wurden in der Regel nur einmal durchkältet. Die Schlagbiegeproben sind zum Theil ohne wiederholte Durchkältung durchgeführt (Tab. 2), zum Theil wurden die Probestücke nach jedem Schlage etwa 15—30 Minuten lang in die Kältemasse wieder zurückgelegt (Tab. 4 und 6).

Ermittelt ist bei den Versuchen die Durchbiegung in Graden nach jedem Schlage und sofern die Proben vor Erreichung der auf dem Fallwerk zulässigen größten Durchbiegung von etwa 90 Grad überhaupt zu Bruch gingen, die hierzu erforderliche Anzahl Schläge.

Die Versuchsergebnisse.

a) Biegeproben auf der Presse.

Der Grad der Verbiegung und der Bruchverlauf bei den auf der Presse gebogenen Proben ist aus dem Lichtbild Fig. 1, Taf. II zu ersehen. Die erzielten Ergebnisse sind in Tab. 1 zusammengestellt. Hierbei sind neben den Ergebnissen der neueren Untersuchungen mit eingekerbten Proben auch die früher mit den unverletzten Proben erhaltenen Werthe zum besseren Vergleich nochmals mit aufgeführt.

Unter den letzteren sind zur Beurtheilung des Materials besonders die „Biegegröße = Bg" und der „Biegungswinkel" maßgebend. Bei den Biegeproben mit eingekerbten Stücken wird das Material dagegen hauptsächlich nach dem Verlauf des Bruches und nach dem Aussehen des Bruchgefüges beurtheilt. Hartes, sprödes Material giebt sich durch sprungweises, von lautem Knacken begleitetes Durchbrechen zu erkennen, während der Bruch bei zähem Flußeisen allmählich fortschreitet. Bei zähem Schweißeisen zerreißen die einzelnen zusammengeschweißten Lagen nach einander, wenn nicht, wie es häufig der Fall ist, eine Trennung längs einer Schweißfuge eintritt. Alsdann kann die nächste Schicht sich frei dehnen. Sie kommt dann meistens nicht zum Einreißen und die Probe kann ohne vollständigen Bruch bis zum Aufeinanderliegen der beiden Schenkel weiter gebogen werden. Das Bruchgefüge ist bei sprödem Material körnig, bei zähem Schweißeisen blätterig und bei zähem Flußeisen kurzsehnig matt.

Neben diesen Bruchersheinungen sind bei den eingekerbten Proben die Biegungswinkel bis zur Entstehung des ersten Anbruches und beim vollständigen Bruch in Rücksicht zu ziehen.

Tabelle 1. Ergebnisse der Biegeversuche auf der Schraubenpresse.

Material	Mittlere Dicke oder Durchmesser mm	Wärmezustand beim Versuch C°	Unverletzte Proben: Nr. der Probe	Biegungswinkel W°	Radius der neutralen Faser ϱ mm	Biegegröße $B_K = 60\,\delta/\varrho$	Bemerkungen	Eingekerbte Proben: Nr. der Probe	Biegungswinkel beim Anbruch	Biegungswinkel beim Bruch	Breite des körnigen Streifens mm	Bruchverlauf	Bruchgefüge
Schweißeisen (weiches Nieteisen)	9,5	+ 20	28	180	14,8	32	Feine Anrisse	67	9	—	—	Allmählich fortschreitend	Sehnig bis blätterig. (Nr. 69 s. Lichtbild Fig. 2, Taf. II.)
			31	180	10,8	44	Grobe und feine Anrisse	69	10	—	—		
			34	180	14,8	32	Feine Anrisse						
			Mittel	180	13,5	36		Mittel	10	—	—		
		— 20	29	180	14,8	32	Feine Anrisse	7	20	—	—	Allmählich fortschreitend	Längs Schweißfuge verlaufend. Gebrochener Theil sehnig bis blätterig.
			32	180	12,8	37		8	32	—	—		
			35	175	12,8	37		13	14	—	—		
								14	19	—	—		
			Mittel	178	13,5	35		Mittel	21	—	—		
		— 80	30	180	10,8	44	Bruch; theils hellgrau schuppig, theils körnig glänzend	9	10	—	—	Allmählich fortschreitend	Kurzblätterig; matt mit glänz. Schichten.
								15	14	14	—	Plötzlich	Körnig glänzend bis feinschuppig; auf der Druckseite schmaler, matter, sehniger Streifen. (Nr. 68 s. Lichtb. Fig. 3, Taf. II.)
								68	8	90	—	Bis ⅓ der Dicke plötzlich, dann allmählich fortschreitend	
			33	180	11,8	40	Grobe Risse						
			36	180	12,8	37	Zahlreiche feine Risse						
			Mittel	180	11,8	40		Mittel	11	—	—		
Siemens-Martin-Flußeisen Winkel	14	+ 20	10	180	7,0	100	Unverletzt	70	41	110	10	Anfangs allmählich fortschreitend, dann plötzlich	Zugseite: mattgrauer, feinschuppiger Streifen, sonst körnig glänzend. (Je eine Bruchfläche s. Fig. 4, Taf. II.)
			13	180	7,0	100		72	46	106	9		
			16	180	7,0	100							
			Mittel	180	7,0	100		Mittel	44	108	9,5		
		— 20	11a	180	8,0	88	Unverletzt	25	52	83	11	desgl.	desgl.
			14a	180	8,0	88		26	39	63	—		
			17a	180	8,0	88		31	35	42	—		
								32	45	86	11		
			Mittel	180	8,0	88		Mittel	48	69	11		
		— 80	12a	180	8,0	88	Unverletzt	27	37	44	—	Plötzlich	Körnig glänzend. (Nr. 71 s. Lichtbild Fig. 5, Taf. II.)
			15a	180	8,0	88		33	42	42	—		
			18a	180	9,0	78		71	20	21	—		
			Mittel	180	8,3	85		Mittel	33	36	—		
Thomasstahl Winkel	14	+ 20	19	180	7,0	100	Unverletzt	73	40	68	11	Anfangs allmählich fortschreitend, dann plötzlich	Zugseite: mattgrauer, feinschuppiger Streifen (bei 75 rissig, blätterig), sonst körnig glänzend. (Je eine Bruchfläche s. Fig. 6, Taf. II.)
			22	180	7,0	100	Feine Anrisse						
			25	180	7,0	100	Unverletzt	75	38	103	9		
			Mittel	180	7,0	100		Mittel	39	86	10		
		— 20	20a	180	8,0	88	Unverletzt	43	38	61	—	desgl.	In der Hauptsache feinkörnig. Ob matter Streifen vorhanden war, wegen Rost nicht mehr zu erkennen.
			23a	180	8,0	88		44	41	66	—		
			26a	180	8,0	88		49	24	33	—		
								50	28	42	—		
			Mittel	180	8,0	88		Mittel	33	51	—		
		— 80	21a	180	9,0	78	Unverletzt	45	15	15	—	Plötzlich	Körnig glänzend. (Nr. 74 s. Lichtbild Fig. 7, Taf. II.)
			24a	180	9,0	78		51	33	36	—		
			27a	180	8,0	88		74	1	1	—		
			Mittel	180	8,7	81		Mittel	16	17	—		

Material	Mittlere Dicke oder Durchmesser mm	Wärmezustand beim Versuch C°	Unverletzte Proben: Nr. der Probe	Biegungswinkel W°	Radius der neutralen Faser ϱ mm	Biegegröße Bg = 80 d/ϱ	Bemerkungen	Eingekerbte Proben: Nr. der Probe	Biegungswinkel beim Anbruch	Biegungswinkel beim Bruch	Bruchverlauf	Bruchgefüge
Federstahl	15 und 25	+ 20	37	94	27,5	27	Bruch; körnig, krystallinisch	90	—	—	Bruch plötzlich, ohne Verbiegen	Feinkörnig, schwach glänzend, uneben.
			40	87	27,5	27		93	—	—		
			43	92	27,5	27						
			Mittel	91	27,5	27		Mittel	—	—		
		— 20	38	76	22,5	33	Bruch; körnig, krystallinisch	Bei — 20 und — 80 C° sind keine Versuche angestellt, da schon die bei Zimmerwärme geprüften Proben ohne meßbares Verbiegen plötzlich brachen.				
			41	90	25,5	29						
			44	85	27,5	27						
			Mittel	84	25,2	30						
		— 80	39	72	32,5	23	Bruch; körnig, krystallinisch					
			42	73	27,5	27						
			45	61	32,5	23						
			Mittel	69	30,8	24						
Tiegel-Gußstahl	15 und 25	+ 20	46	180	11,5	65	Bruch; hellgrau, glänzend, feinkörnig	99	—	—	Bruch plötzlich, ohne Verbiegen	Feinkörnig, schwach glänzend, uneben.
			49	180	11,5	65		102	—	—		
			52	180	13,5	56						
			Mittel	180	12,2	62		Mittel	—	—		
		— 20	47	180	11,5	65	Bruch; hellgrau, glänzend, feinkörnig	Wie beim Federstahl.				
			50	180	11,5	65						
			53	180	9,5	79						
			Mittel	180	10,8	70						
		— 80	48	170	15,5	48	Bruch; hellgrau, glänzend, feinkörnig					
			51	170	15,5	48						
			54	135	19,5	38						
			Mittel	158	16,8	45						

Beim Schweißeisen ist der bis zum Anbruch erreichte Biegungswinkel nach dem Durchkälten nicht geringer gefunden als bei Zimmerwärme, er läßt also keine Veränderung des Materials durch die Kälte erkennen; stärkeres Biegen führte bei Zimmerwärme und bei — 20 C° unter allmählich fortschreitendem Bruch zu dem im Vorstehenden als Kennzeichen für zähes Material besprochenen Aufreißen der Schweißfugen, während von den bei — 80 C° gebogenen Proben zwei wie sprödes Material plötzlich kurz durchbrachen und nur eine Probe allmählich fortschreitenden Bruch zeigte. Das Bruchgefüge war bei Zimmerwärme und — 20 C° sehnig bis blätterig (s. Fig. 2, Taf. II), zeugt also ebenfalls von zähem Material; bei — 80 C° war es dagegen (s. Fig. 3, Taf. II) von Sprödigkeit zeugend zum größten Theil grobkörnig, glänzend und nur in einem schmalen Streifen längs der Druckseite noch sehnig.

Beim Siemens-Martin-Flußeisen betragen die mittleren Biegungswinkel für die drei Wärmezustände 44, 43 und 33 beim Anbruch und 108, 69 und 36 beim Bruch. Sie nehmen also in beiden Reihen, ganz besonders aber in der letzteren als Kennzeichen für die mit zunehmender Kälte wachsende Sprödigkeit stetig ab. Der Verlauf des Bruches und das Bruchgefüge lassen bei — 20 C° noch keine Einbuße des Materials an Zähigkeit erkennen, wohl aber bei — 80 C° (vergl. Lichtbilder 4 und 5, Taf. II).

Ganz ähnlich fielen die Versuche für den Thomasstahl aus, nur war die Abnahme der Biegungswinkel mit zunehmender Kälte noch größer; die Winkelwerthe betrugen beim Anbruch 39, 33, 16 und beim Bruch 86, 51 und 17 Grad. Die Veränderung des Bruchgefüges ist aus Fig. 6 und 7, Taf. II, zu ersehen.

Aus diesen Ergebnissen folgt,

1. daß die Abkühlung auf — 20 C° die Zähigkeit des Schweißeisens nicht merklich beeinträchtigt hat, während bei den beiden Flußeisensorten der Beginn des Sprödewerdens in dem geringeren Biegungswinkel schon zu Tage tritt;
2. daß sowohl das Schweißeisen als auch beide Flußeisensorten durch das Abkühlen auf — 80 C° ganz erhebliche Einbuße an Zähigkeit erlitten haben und
3. daß der die Zähigkeit des Materials schädigende Einfluß der Kälte sich beim Schweißeisen um etwas geringer erwies als beim Flußeisen, und daß von den beiden Sorten des letzteren, das Thomaseisen, wieder etwas mehr durch die Kälte litt, als das Siemens-Martin-Eisen.

An den unverletzten Proben aus Schweißeisen trat der Einfluß der Kälte bei Weitem nicht in gleichem Maße hervor, wie an den verletzten Proben aus demselben Walzstück. Die maßgebenden Beobachtungswerthe für die ersteren sind bei allen drei Wärmegraden nahezu die gleichen, und nur im Bruchgefüge erkennt man auch bei ihnen an stellenweiser Kornbildung die Neigung des Schweißeisens zum Sprödewerden in Folge Abkühlung auf — 80 C°.

Die unverletzten Proben aus den beiden Flußeisensorten zeigten mit wachsender Kälte eine Verminderung der Biegegröße von 100 auf 85 beim Siemens-Martin-Eisen und von 100 auf 81 beim Thomasstahl. Der Einfluß der Kälte, der sich in dieser Verminderung zu erkennen giebt, ist ebenso wie beim Schweißeisen gering gegenüber dem Einfluß, den die eingekerbten Proben erkennen ließen. Hieraus folgt

4. daß die Einkerbprobe besser geeignet ist, den Einfluß der Kälte auf die Biegungsfähigkeit des Materials klar zu legen, als die Biegeprobe mit unverletzten Stücken.

b) Schlagbiegeversuche.

Das Aussehen der auf dem Fallwerk geprüften Stücke veranschaulicht Fig. 8, Taf. II.

Die Ergebnisse der ersten Versuchsreihe mit unverletzten und eingekerbten Proben sind in Tab. 2 zusammengestellt. Wie aus der vorletzten Spalte des Theiles A der Tabelle zu ersehen ist, sind von sämmtlichen unverletzten Proben nur 2 zu Bruch gegangen. Der Einfluß der Kälte läßt sich demnach bei dieser Versuchsreihe nur nach der Größe der Durchbiegung beurtheilen, welche bei den 3 verschiedenen Wärmegraden für die gleiche Schlagzahl erreicht wurde.

Um die hierauf bezüglichen Messungsergebnisse übersichtlicher zu gestalten, sind die Mittelwerthe aus den Parallelversuchen in Fig. 9 als Schaulinien dargestellt, indem die Zahl der Schläge als Ordinaten und die zugehörigen Durchbiegungen als Abscissen aufgetragen wurden. Durch die so erhaltenen Punkte sind dann unter Ausgleichung der Unregelmäßigkeiten Kurven hindurch gelegt, welche für die Versuche bei Zimmerwärme voll ausgezogen, für — 20 C° gestrichelt und für — 80 C° punktirt sind. Die Nullpunkte der nach dem Material getrennten Liniengruppen A—E sind längs der Abscissenachse gegen einander verschoben.

Die Lage der von demselben Nullpunkt ausgehenden Kurven zu einander läßt erkennen, daß der Biegungswiderstand der unverletzten Proben bei allen 5 untersuchten Eisensorten mit abnehmender Wärme zunimmt.

Tabelle 2. Ergebnisse

A. Unverletzte Proben.

Material	Nr. der Probe	Wärmezustand C°	Abmessungen der Proben: Dicke oder Durchmesser mm	Abmessungen der Proben: Breite mm	Fallhöhe m	Biegungswinkel α in Graden nach den Schlägen Nr. 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Gewalztes Schweißeisen für Baukonstruktionen, gez. „W" L	1	+ 18	9,1	29,3	0,5	40	75	94	—	—	—	—	—	—	—
	4		9,2	30,3		36	67	94	—	—	—	—	—	—	—
	Mittel					**38**	**71**	**94**	—	—	—	—	—	—	—
	2	— 20	9,3	29,3	0,5	35	65	94	—	—	—	—	—	—	—
	5		9,5	29,2		33	65	92	—	—	—	—	—	—	—
	Mittel					**34**	**65**	**93**	—	—	—	—	—	—	—
	3	— 80	9,4	29,3	0,5	29	55	80	93	—	—	—	—	—	—
	6		9,6	29,3		27	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Mittel					**28**	**[55]**	**[80]**	**[93]**	—	—	—	—	—	—
Gewalzter Schiffbaustahl (Siemens-Martin-Flußeisen) L	19	+ 18	14,0	31,4	0,5	16	30	43	54	64	75	82	89	—	—
	22		13,9	31,7		16	31	44	57	67	77	85	92	—	—
	Mittel					**16**	**31**	**44**	**56**	**66**	**76**	**84**	**91**	—	—
	20	— 20	14,0	29,7	0,5	13	27	39	51	61	71	79	87	—	—
	23		14,1	29,8		13	27	39	51	61	71	80	88	—	—
	Mittel					**13**	**27**	**39**	**51**	**61**	**71**	**80**	**88**	—	—
	21	— 80	13,9	29,8	0,5	12	24	35	46	56	65	74	84	—	—
	24		13,9	29,3		11	22	34	43	52	63	70	77	85	92
	Mittel					**12**	**23**	**35**	**45**	**54**	**64**	**72**	**81**	**(85)**	**(92)**
Gewalzter Schiffbaustahl (Thomasstahl von „Rothe Erde") L	37	+ 18	13,9	29,8	0,5	17	32	46	58	67	78	87	—	—	—
	40		13,9	29,6		17	32	46 P	53 P	65 P	74	84	—	—	—
	Mittel					**17**	**32**	**46**	**56**	**66**	**76**	**86**	—	—	—
	38	— 20	14,3	29,7	0,5	15	28	40	52	63	73	83	92	—	—
	41		13,9	29,8		15	29	42	52	65	75	84	—	—	—
	Mittel					**15**	**29**	**41**	**52**	**64**	**74**	**84**	**(92)**	—	—
	39	— 80	13,9	29,7	0,5	12	23	34	45	56	65	73	82	90	—
	42		14,2	29,7		11	22	34	44	52	63	72	81	91	—
	Mittel					**12**	**23**	**34**	**45**	**54**	**64**	**73**	**82**	**91**	—
Federstahl	55	+ 18	25,0	—	2,0	17	30	42	52	62	69	75	—	—	—
	58		25,0	—		17	28	40	49	60	67	—	—	—	—
	Mittel					**17**	**29**	**41**	**51**	**61**	**68**	**[75]**	—	—	—
	56	— 20	25,0	—	2,0	12	26	38	49	56	63	71	76	79	80
	59		25,0	—		14	26	36	47	55	64	70	75	—	—
	Mittel					**13**	**26**	**37**	**48**	**56**	**64**	**71**	**76**	**(79)**	**(80)**
	57	— 80	25,0	—	2,0	14	27	39	49	58	65	71	74	76	80
	60		25,0	—	3,0	21	36	52	65	76	82	86	—	—	—
	Mittel					—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Tiegel-Gußstahl	61	+ 18	25,0	—	2,0	17	31	42	54	59	—	—	—	—	—
	64		25,0	—		17	31	43	54	—	—	—	—	—	—
	Mittel					**17**	**31**	**43**	**54**	**[59]**	—	—	—	—	—
	62	— 20	25,1	—	2,0	16	28	39	50	59	68	74	—	—	—
	65		25,1	—		16	29	40	49	58	66	73	—	—	—
	Mittel					**16**	**29**	**40**	**50**	**59**	**67**	**74**	—	—	—
	63	— 80	25,0	—	2,0	14	24	37	47	57	64	71	76	80	—
	66		25,0	—		14	25	36	44	53	60	66	73	78	81
	Mittel					**14**	**25**	**37**	**46**	**55**	**62**	**69**	**75**	**79**	**(81)**

der Schlagbiegeversuche.

Bruch bei Schlag Nr.	Bemerkungen	B. Eingekerbte Proben. Nr. der Probe	Abmessungen der Proben: Dicke oder Durchmesser mm	Breite mm	Fallhöhe m	Biegungswinkel W in Graden nach den Schlägen Nr. 1	2	3	4	5	6	7	8	Bruch bei Schlag Nr.	Bemerkungen
—	Unverletzt.	10	9,6	30,8	0,5	47[1]	—	—	—	—	—	—	—	—	[1]) Anbruch; Gefüge blätterig bis sehnig.
—		16	9,5	31,0		53[1]	—	—	—	—	—	—	—	—	
—		Mittel				50	—	—	—	—	—	—	—	—	
—		11	9,5	29,3	0,5	—	—	—	—	—	—	—	—	1	Plötzlich. Bruch; Gefüge: geschichtet, körnig, krystallinisch glänzend.
—		17	9,5	29,4		—	—	—	—	—	—	—	—	1	
—		Mittel				—	—	—	—	—	—	—	—	1	
—	Anbruch. Plötzlicher Bruch.	12	9,6	29,4	0,5	—	—	—	—	—	—	—	—	1	
2		18	9,6	29,4		—	—	—	—	—	—	—	—	1	
[2]		Mittel				—	—	—	—	—	—	—	—	1	
—	Unverletzt.	28	14,1	31,3	0,5	15	29	41	52	63	—	—	—	5	Gefüge körnig, glänzend. Nicht gebrochen.
—		34	14,1	31,4		15	29	41	52	63	73	82	91	—	
—		Mittel				15	29	41	52	63	(73)	(82)	(91)	—	
—		29	13,9	29,7	0,5	14	28	41	52	63	73	83	91	—	
—		35	14,4	29,7		—	—	—	—	—	—	—	—	1	Gefüge körnig, glänzend.
—		Mittel				—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—		30	14,3	29,7	0,5	—	—	—	—	—	—	—	—	1	desgl.
—		36	13,9	29,8		—	—	—	—	—	—	—	—	1	
—		Mittel				—	—	—	—	—	—	—	—	1	
—	Unverletzt P = Prellschlag.	46	13,9	29,8	0,5	26	31	45	57	—	—	—	—	5	Gefüge körnig, glänzend. Nicht gebrochen.
—		52	13,9	29,5		27	32	45	58	69	80	90	—	—	
—		Mittel				27	32	45	58	(69)	(80)	(90)	—	—	
—		47	13,7	29,7	0,5	—	—	—	—	—	—	—	—	1	desgl.
—		53	13,9	29,8		—	—	—	—	—	—	—	—	1	
—		Mittel				—	—	—	—	—	—	—	—	1	
—		48	13,7	29,7	0,5	—	—	—	—	—	—	—	—	1	
—		54	14,0	29,7		—	—	—	—	—	—	—	—	1	
—		Mittel				—	—	—	—	—	—	—	—	1	
—	Unverletzt.	76	25,0	—	2,0	—	—	—	—	—	—	—	—	1	Gefüge körnig, glänzend.
—		79	25,0	—	1,0	—	—	—	—	—	—	—	—	1	
—		Mittel				—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—		77	25,0	—	0,15	½	—	—	—	—	—	—	—	2	
—		80	25,0	—	0,15	½	—	—	—	—	—	—	—	2	
—		Mittel				—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—		78	25,0	—	0,15	—	—	—	—	—	—	—	—	1	
—		81	25,0	—	0,15	—	—	—	—	—	—	—	—	1	
—		Mittel				—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	Unverletzt.	82	25,1	—	0,5	—	—	—	—	—	—	—	—	1	
5	Bruch von Fehlstelle ausgeh. (s. Fig. 14, Taf. II).	85	25,0	—	0,25	(2)	(4)	—	—	—	—	—	—	3	
[5]		Mittel				—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	Unverletzt.	83	25,1	—	0,2	½	1	1½	—	—	—	—	—	4	Gefüge körnig, glänzend.
—		86	25,0	—	0,2	½	1	—	—	—	—	—	—	3	
—		Mittel				—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—		84	25,0	—	0,2	—	—	—	—	—	—	—	—	1	
—		87	25,1	—	0,2	—	—	—	—	—	—	—	—	1	
—		Mittel				—	—	—	—	—	—	—	—	—	

Dies Ergebniß deckt sich mit demjenigen der früher mit demselben Material bei verschiedenen Wärmegraden angestellten Zerreißversuche, nach welchen die Spannungen an der Streckgrenze und beim Bruch mit steigender Kälte zunahmen und die Bruchdehnung gleichzeitig abnahm.

Der Verlauf der Schaulinien Fig. 9 läßt nur den allgemeinen Charakter des Einflusses der Kälte auf den Biegungswiderstand der Proben erkennen. Um nun die Größe dieses Einflusses kennen zu lernen, sind in Tab. 3 zunächst die Mittelwerthe für die Biegungswinkel nach den Schlägen 1, 3, 5 und 7 als Auszug aus Tab. 2 nochmals gegenübergestellt und dann für diese Werthe Verhältnißzahlen gebildet, indem immer die bei + 20 C° beobachteten Biegungswinkel gleich 100 gesetzt sind.

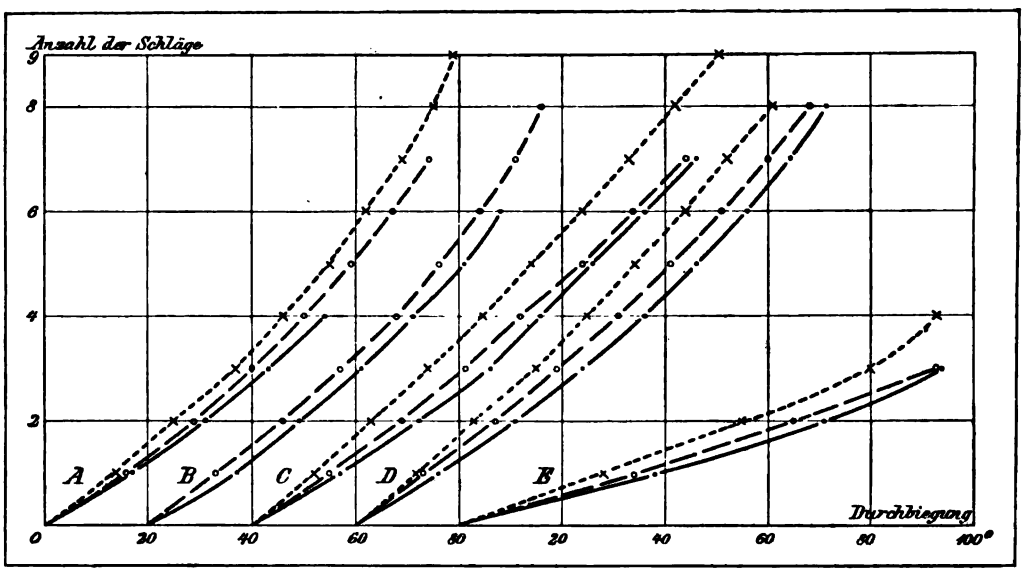


Fig. 9. Verlauf der Durchbiegung bei den Schlagbiegeproben.
A Tiegelgußstahl; B Federstahl; C Thomasstahl; D Siemens-Martin-Flußeisen; E Schweißeisen.
●——● bei + 20 C°; o——o bei — 20 C°; ×————× bei — 80 C°.

Nach den hierbei für den ersten Schlag erhaltenen Verhältnißzahlen
ist der Einfluß der Kälte bei den beiden Flußeisensorten annähernd gleich und etwas größer als beim Schweißeisen.

Dasselbe Ergebniß hatten die früheren, auf der Presse ausgeführten Biegeproben geliefert. Dagegen erscheint es auffallend, daß sich der Tiegelgußstahl bei jenen Versuchen als das gegen Kälte empfindlichste Material erwies, während es nach den Schlagversuchen in seiner Biegsamkeit von der Kälte mit am wenigsten beeinträchtigt wurde.

Mit zunehmender Schlagzahl werden die Unterschiede in den Biegungswinkeln der bei verschiedenen Wärmegraden geprüften Stücke (s. Tab. 3) immer geringer und zwar bei allen fünf Materialien.

Die Ursache zu dieser Erscheinung glaubte ich darin suchen zu sollen, daß die Schlagversuche ohne wiederholte Durchkältung der Stücke nach jedem Schlage durchgeführt waren und daß daher neben der Wärmeaufnahme aus der Umgebung besonders die in Wärme umgesetzte Schlagarbeit den Einfluß der voraufgegangenen einmaligen Durchkältung mit jedem Schlage immer mehr aufgehoben hatte.

Tabelle 3. Verlauf des Kälteeinflusses auf die Durchbiegung bei wiederholten Schlägen.

Material	Wärmezustand	Mittlerer Biegungswinkel in Graden				Verhältniß der Biegungswinkel bei — 20 und — 80 zu demjenigen bei + 20, letzteren = 100 gesetzt			
		nach den Schlägen Nr.							
	C°	1	3	5	7	1	3	5	7
Schweißeisen	+ 20	38	94	—	—	100			
	— 20	34	93	—	—	90	99	—	—
	— 80	28	80	—	—	74	85	—	—
Siemens-Martin-Flußeisen	+ 20	16	44	66	84	100			
	— 20	13	39	61	80	81	89	92	95
	— 80	12	35	54	72	75	80	82	86
Thomasstahl	+ 20	17	46	66	86	100			
	— 20	15	41	64	84	88	89	97	98
	— 80	12	34	54	73	71	74	82	85
Federstahl	+ 20	17	41	61	[75]	100			
	— 20	13	37	56	71	77	90	92	[95]
	— 80	—	—	—	—	—	—	—	—
Tiegel-Gußstahl	+ 20	17	43	[59]	—	100			
	— 20	16	40	59	74	94	93	[100]	—
	— 80	14	37	55	69	82	86	93	—

Tabelle 4. Schlagbiegeversuche mit uneingekerbten Proben.

Die Proben wurden nach jedem Schlage von Neuem durchkältet.
Fallhöhe = 0,5 m; Schlagarbeit 18,7 = mkg.

Material	Nr. der Probe	Wärmezustand	Biegungswinkel in Graden							Verhältniß der mittleren Biegungswinkel bei — 20 u. — 80 zu demjenigen bei + 20 C°, letzterer = 100			
			nach den Schlägen Nr.										
		C°	1	2	3	4	5	6	7	1	3	5	7
Schweißeisen	Mittel	+ 20	38	71	94	—	—	—	—	100			
	116	— 20	30	56	78	95	—	—	—	79	83	—	—
	120		30	57	78	95	—	—	—				
	Mittel		30	57	78	95	—	—	—				
	117	— 80	beim ersten Schlage gebrochen							63	72	—	—
	121		24	46	68	89	94	—	—				
	Mittel		[24]	[46]	[68]	[89]	[94]	—	—				
Thomasstahl	Mittel	+ 20	17	32	46	56	66	76	86	100			
	124	— 20	14	27	38	49	62	67	74	82	83	91	84
	128		14	27	38	48	58	64	69				
	Mittel		14	27	38	49	60	66	72				
	125	— 80	10	20	29	38	46	50	54	59	65	70	65
	129		10	20	30	38	45	51	57				
	Mittel		10	20	30	38	46	51	56				

Zur vollständigen Wiederholung sämmtlicher Versuche unter erneutem Durchkälten der Stücke nach jedem Schlage reichte das vorhandene Material nicht hin. Ich mußte mich daher darauf beschränken, diese Kontrolversuche lediglich an dem Schweißeisen und dem Thomasstahl ausführen zu lassen.

Die hierbei erzielten Ergebnisse sind in Tab. 4 zusammengestellt, indem für + 20 C° wieder die Mittelwerthe aus Tab. 2 übernommen wurden.

Die Verhältnißzahlen für die bei den gleichen Schlagzahlen erzielten Biegungswinkel der bei Zimmerwärme und im durchkälteten Zustande geprüften Stücke thun durch ihr allmähliches Anwachsen bis auf 91 und 70 % dar, daß auch bei dem wiederholten Durchkälten der Einfluß der Kälte auf den mit einer bestimmten Schlagarbeit zu erzielenden Biegungswinkel bis zum fünften Schlage mit zunehmender Schlagzahl immer geringer wurde. Nach dem siebenten Schlage betrugen die Verhältnißzahlen wie nach dem dritten Schlage wieder 84 und 65 %. Demnach hat sich also sowohl bei — 20 C° als auch bei — 80 C° der Einfluß der Kälte nach dem siebenten Schlage wieder ebenso groß ergeben als nach dem dritten Schlage.

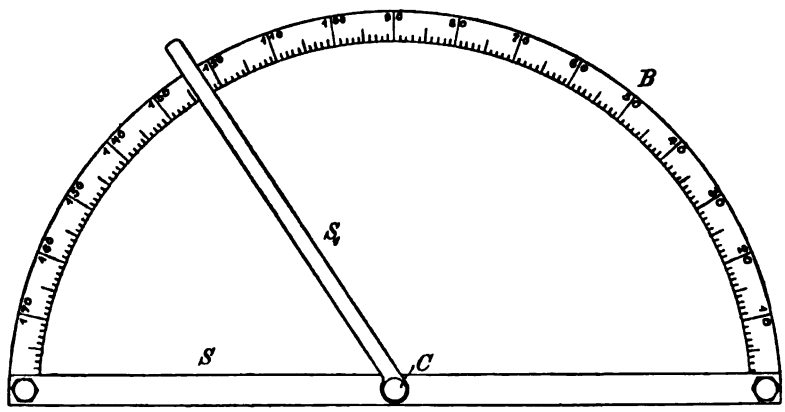


Fig. 10.

Daß hier Fehler in der Bestimmung des Biegungswinkels vorliegen, erscheint ausgeschlossen. Die Messungen wurden mit dem in Fig. 10 abgebildeten Apparat vorgenommen, den ich vor Jahren gelegentlich der Ausführung zahlreicher Biegeproben anfertigen ließ und der die zuverlässige Bestimmung des Biegungswinkels auf einfache Weise ermöglicht. Hierzu wird der eine Schenkel der Biegeprobe an die Schiene S, welche den Durchmesser des Kreisbogens B bildet, so angelegt, daß die um den Mittelpunkt C des Bogens B drehbare Schiene S_1 bis zur satten Anlage an den zweiten Schenkel der Probe eingestellt und der Biegungswinkel nun ohne Weiteres nach Lage der vorderen Fläche von S_1 an der auf dem Bogen B angebrachten Theilung abgelesen werden kann[1]).

[1]) Da es für weitere Kreise, besonders auch für die in der Praxis anzustellenden Versuche von Interesse sein dürfte, so möge an dieser Stelle kurz erwähnt sein, daß in der Versuchsanstalt auch zur Bestimmung der Krümmungshalbmesser einfache, nach meinen Angaben gefertigte Werkzeuge im Gebrauch sind. Es sind dies Lehrscheiben, welche nach Maßgabe von Fig. 11 am Umfange kreisbogenförmige Einschnitte tragen, deren Radien von 5—70 mm fortschreiten. Beim Gebrauch wird derjenige Einschnitt aufgesucht, welcher sich der äußeren Krümmung der Probe anschließt. Der zugehörige Radius, um die halbe Probendicke vermindert, liefert dann den gesuchten Krümmungshalbmesser für die sog. neutrale Faserschicht der Probe. Die Einschnitttiefen oder die Centriwinkel der Bogen sind so bemessen, daß die geraden Schenkel der Proben an den Ecken, d. h. an den Schnittpunkten der Kreisbogen und des Umfanges der Lehrscheibe erfahrungsgemäß nicht zur Anlage kommen.

Der beobachtete Wechsel in dem Einfluß der Kälte auf den Biegungswinkel wird daher anderen Umständen zuzuschreiben sein, auf die ich später noch zurückkomme.

Zum weiteren Vergleich der Ergebnisse dieser Kontrolversuche mit denen der älteren Versuchsreihe sind nach den zusammengehörigen Mittelwerthen aus Tab. 2 und 4 in Fig. 12 Schaulinien verzeichnet, indem wie bei Fig. 9 wieder die Durchbiegungen als Abscissen und die Schlagzahlen als Ordinaten aufgetragen wurden. Der Maßstab für die Durchbiegungen ist jedoch nur halb so groß gewählt wie bei Fig. 9, und die verschiedenen Nullpunkte für die beiden Materialien A Schweißeisen, B Thomasstahl sind nicht längs der Abscissenachse, sondern längs der Ordinatenachse gegen einander verschoben.

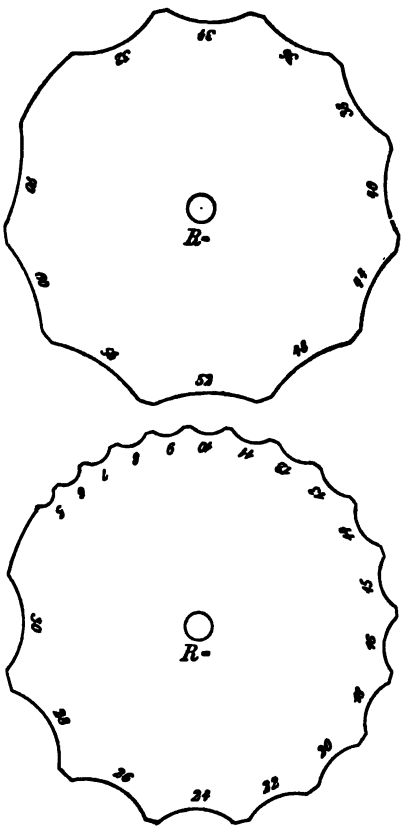


Fig. 11.

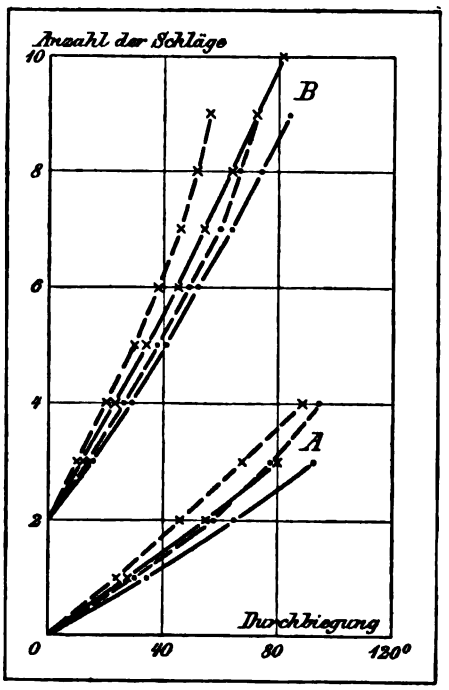


Fig. 12. Schlagbiegeproben mit einmaliger und nach jedem Schlage wiederholter Durchkältung.
A Schweißeisen; B Thomasstahl.
—— einmalige, — — — wiederholte Durchkältung.
● bei —20 C°, × bei —80 C°.

Zur Unterscheidung sind die Werthe für — 20 C° durch Punkte, diejenigen für — 80 C° durch Kreuze aufgetragen und die Schaulinien für die ältere Reihe (einmalige Durchkältung) voll ausgezogen, diejenigen für die Kontrolversuche (wiederholte Durchkältung) dagegen gestrichelt.

Aus dem Verlauf der beiden Linienpaare ergiebt sich,

daß die wiederholt durchkälteten Proben bei gleicher Schlagarbeit erheblich geringere Durchbiegung erlitten als die einmal durchkälteten und zwar für beide Materialien.

Da die Proben für beide Versuchsreihen denselben Walzstücken entnommen sind, annähernd gleiche Abmessungen hatten und mit derselben Versuchseinrichtung geprüft wurden, so lassen sich die beobachteten Unterschiede in den Durchbiegungen für die gleiche Schlagarbeit

wohl nur mit verschieden großem Einfluß der Durchkältung erklären. Unterschiede in dieser Beziehung können nun aber wieder lediglich hinsichtlich der Dauer des Durchkältens bestanden haben, da bei beiden Versuchsreihen dieselben Kältemittel verwendet wurden.

Wie schon oben gesagt ist, wurden die Proben bei den Kontrolversuchen nach jedem Schlage von neuem durchkältet, bei der ersten Versuchsreihe dagegen nur einer einmaligen Durchkältung unterworfen. Hiermit ließe sich allerdings erklären, daß die Kontrolversuche vom zweiten Schlage ab geringere Durchbiegungen lieferten. Da dies jedoch auch schon bei dem ersten Schlage der Fall war, so muß schon die Dauer der erstmaligen Durchkältung von Einfluß gewesen sein.

Aufzeichnungen über die thatsächlich stattgehabte Durchkältungsdauer haben nicht stattgefunden und daher lassen sich über ihren Einfluß aus den vorliegenden Untersuchungen auch keine bestimmten Schlüsse ziehen. Jedenfalls weisen aber die besprochenen Ergebnisse darauf hin, daß man bei Kaltversuchen der Dauer der Durchkältung besondere Aufmerksamkeit zuzuwenden hat. Vielleicht läßt sich auch der vorbesprochene, bei den Kontrolversuchen beobachtete Wechsel in dem Einfluß der Kälte bei zunehmender Schlagzahl darauf zurückführen, daß die Proben bei dem wiederholten Durchkälten verschieden lange in dem Kältemittel verblieben.

Die Ergebnisse der Schlagbiegeproben mit den eingekerbten Proben sind in Tab. 2 unter Abschnitt B zusammengestellt.

Betrachtet man zunächst die bei Zimmerwärme (+ 20 C°) erzielten Werthe im Vergleich mit denen für die unverletzten Proben,

so erweisen sich an der durch die Einkerbung verminderten Schlagzahl bis zum Bruch besonders der Tiegelgußstahl und der Federstahl, aber auch das Schweißeisen als sehr empfindlich gegen Verletzungen.

Die Proben aus Siemens-Martin-Flußeisen und Thomasstahl ertrugen dagegen auch im eingekerbten Zustande eine beträchtliche Anzahl Schläge. Je eine Probe beider Materialien bog sich hierbei unter nur geringer Erweiterung der Einkerbung (s. Lichtbild Fig. 13, Taf. II) fast in gleichem Maße durch wie die zugehörige unverletzte Probe. Die beiden anderen Proben zeigten bis zum fünften Schlage die gleiche Durchbiegung, brachen dann aber mit körnigem glänzenden Bruchgefüge.

Bei dem Tiegelgußstahl hatte sich die Empfindlichkeit gegen Verletzung der Oberfläche schon an der nicht eingekerbten Probe 64 (Tab. 2 A) zu erkennen gegeben. Die Probe brach beim fünften Schlage und zwar, wie aus dem Bruchaussehen Fig. 14, Taf. II, zu schließen ist, in Folge der durch Walzschiefer verursachten geringen Fehlstelle in der Oberfläche bei a.

Um nun für den Federstahl und für den Tiegelgußstahl überhaupt Vergleichswerthe für den Einfluß der Kälte zu erlangen, konnte die bei Prüfung der unverletzten Proben angewendete Fallhöhe von 2 m nicht benutzt werden; es mußten vielmehr besondere Versuche bei Zimmerwärme angestellt werden, bei denen mit der Schlagarbeit für den einzelnen Schlag soweit zurückgegangen wurde, daß die Proben wenigstens einige Schläge aushielten, ohne zu brechen. Die hierbei erzielten Ergebnisse sind in Tab. 5 zusammengestellt. Nach ihnen ist dann die zweckmäßige Fallhöhe für die im durchkälteten Zustande zu prüfenden Stücke für den Federstahl auf 0,15 m und für den Tiegelgußstahl auf 0,2 m festgestellt. Die mit ihnen erzielten Ergebnisse sind in Tab. 6 enthalten.

Aus dem Vergleich sämmtlicher für die eingekerbten Proben bei Zimmerwärme und bei niederen Wärmegraden erzielten Werthe (Tab. 2 und 6) ergiebt sich nun Folgendes:

Die Proben aus Schweißeisen erlitten bei Zimmerwärme unter dem ersten Schlage

Tabelle 5. Schlagbiegeproben mit eingekerbten Proben aus Feder- und Tiegelgußstahl bei Zimmerwärme.

Material	Nr. der Probe	Durchmesser mm	Fallhöhe m	Biegungswinkel in Graden nach den Schlägen Nr. 1	2	3	4	5	6	Bruch beim Schlag Nr.
Federstahl	107	25,0	0,40	—	—	—	—	—	—	1
	89	25,0	0,25	—	—	—	—	—	—	1
	95	25,0		—	—	—	—	—	—	1
	Mittel	—		—	—	—	—	—	—	1
	88	25,0	0,20	0,5	—	—	—	—	—	2
	94	25,0		0,5	—	—	—	—	—	2
	Mittel	—		0,5	—	—	—	—	—	2
	91	25,0	0,15	0,5	1	—	—	—	—	3
	96	25,0		0,5	1	1½	—	—	—	4
	Mittel	—		0,5	1	1,5	—	—	—	3—4
	92	25,0	0,10	0,25	0,5	0,5	0,75	1,0	1,25	7
Tiegel-Gußstahl	101	25,1	0,40	3	—	—	—	—	—	2
	111	25,0		3	—	—	—	—	—	2
	Mittel	—		3	—	—	—	—	—	2
	100	25,0	0,30	1,5	—	—	—	—	—	2
	105	25,0		2,0	—	—	—	—	—	2
	Mittel	—		1,75	—	—	—	—	—	2
	98	25,1	0,25	1	—	—	—	—	—	3
	104	25,1		1	—	—	—	—	—	2
	Mittel	—		1	—	—	—	—	—	2—3
	97	25,1	0,2	1	2	3	—	—	—	4
	103	25,1		1	2,5	—	—	—	—	3
	Mittel	—		1	2,25	3	—	—	—	3—4

einen erheblichen Anbruch, der blätteriges bis sehniges Gefüge erkennen ließ (s. Lichtbild Fig. 15, Taf. II). Die auf — 20 und — 80 C° abgekühlten Proben brachen unter dem ersten Schlage stumpf durch und zeigten körniges, krystallinisch glänzendes Gefüge.

Die Proben aus Siemens-Martin-Flußeisen und Thomasstahl ertrugen bei Zimmerwärme eine größere Anzahl Schläge, zum Theil ohne zu brechen.

Bei — 20 C° zeigte sich die Probe 29 aus Siemens-Martin-Flußeisen durch die Kälte in ihrer Biegungsfähigkeit nicht beeinflußt, während die zweite Probe aus demselben Stück sowie die beiden Proben aus Thomasstahl schon unter dem ersten Schlage brachen. Bei — 80 C° brachen sämmtliche vier Proben ebenfalls schon unter dem ersten Schlage.

Die Proben aus Federstahl (Tab. 6) brachen bei Zimmerwärme unter dem dritten und vierten Schlage, bei — 20 C° unter dem ersten und zweiten und bei — 80 C° sämmtlich unter dem ersten Schlage.

Die Tiegelgußstahl-Proben lassen einen Einfluß der Abkühlung auf — 20 C° nur in Verminderung des schon bei Zimmerwärme geringen Biegungswinkels erkennen. Bei — 80 C° brachen sie aber schon unter dem ersten Schlage, während sie bei den beiden anderen Wärmegraden 3 – 4 Schläge zum Bruch erforderten.

Tabelle 6. Schlagbiegeproben mit eingekerbten Proben aus Feder- und Tiegel-Gußstahl bei verschiedenen Wärmegraden.

Material	Nr. der Probe	Durchmesser mm	Wärmezustand C°	Fallhöhe m	Biegungswinkel in Graden nach den Schlägen Nr. 1	2	3	Bruch beim Schlag Nr.
Federstahl	91	25,0	+ 20	0,15	0,5	1	—	3
	96	25,0			0,5	1	1,5	4
	Mittel	—			0,5	1	1,5	3–4
	77	25,0	— 20		0,5	—	—	2
	80	25,0			0,5	—	—	2
	108	25,0			—	—	—	1
	Mittel	—			0,5	—	—	1–2
	78	25,0	— 80		—	—	—	1
	81	25,0			—	—	—	1
	106	25,0			—	—	—	1
	Mittel	—			—	—	—	1
Tiegel-Gußstahl	97	25,1	+ 20	0,20	1	2	3	4
	103	25,1			1	2,5	—	3
	Mittel	—			1	2	3	3–4
	83	25,1	— 20		0,5	1	1,5	4
	86	25,0			0,5	1	—	3
	112	25,0			0,5	1	—	3
	Mittel	—			0,5	1	1,5	3–4
	84	25,0	— 80		—	—	—	1
	87	25,1			—	—	—	1
	110	25,0			—	—	—	1
	113	25,0			—	—	—	1
	Mittel	—			—	—	—	1

Aus diesen kurz zusammengefaßten Ergebnissen folgt,

daß die eingekerbten Proben aus allen drei untersuchten Sorten Konstruktionseisen sich beim Schlagversuch in der Kälte als erheblich spröder erwiesen wie bei Zimmerwärme.

Bei den nicht eingekerbten Proben war der Einfluß der Kälte nur in einer größeren Steifigkeit der Proben zu Tage getreten, er verursachte aber keine Sprödigkeit, wie bei den eingekerbten Proben.

Demnach haben sich die Versuche mit den verletzten Stücken auch bei den Schlagproben ebenso wie bei den Biegeproben unter der Presse als die geeigneteren erwiesen, den Einfluß der Kälte auf die Zähigkeit des Materials zu untersuchen.

Dagegen hat die Art der Inanspruchnahme, d. h. ob die Versuche mit der Presse unter stetig fortschreitender Biegung oder ob sie unter dem Fallwerk bei stoßweiser Inanspruchnahme ausgeführt wurden, keinen Einfluß auf das Ergebniß erkennen lassen.

3. Alte Papiere.

Vom Vorsteher der Abtheilung für Papierprüfung W. Herzberg.

Die Frage der Ausdauerfähigkeit unserer Papiere, welche in letzter Zeit in den Fachblättern wiederholt der Gegenstand lebhafter Besprechungen gewesen ist, hat Herrn Kirchner im „Wochenblatt" zu einigen interessanten Mittheilungen über den Zustand einer Reihe alter Lumpenpapiere, deren Studium ihm zugänglich gemacht wurde, Veranlassung gegeben.

Im Großen und Ganzen geht ja die Ansicht über die Güte der Papiere unserer Vorfahren dahin, daß sie musterhafte Erzeugnisse von unbegrenzter Ausdauerfähigkeit darstellen; bei der Besprechung über die Ausdauerfähigkeit vieler unserer modernen Papiersorten stellt man letzteren die Erzeugnisse der „guten alten Zeit" vielfach als Muster gegenüber, ohne zu bedenken, daß es auch in früheren Jahrhunderten Papiere gegeben hat, die viel zu wünschen übrig ließen. Aus der Thatsache, daß zahlreiche Jahrhunderte alte Lumpenpapiere sich bis heute in einem guten Zustand erhalten haben, ist man nicht ohne Weiteres berechtigt, den Schluß zu ziehen, daß dies für alle Lumpenpapiere auch in Zukunft zutrifft und daß alle Lumpenpapiere unbegrenzt ausdauerfähig sind; man würde bei einem solchen Schluß außer acht lassen, daß, wie schon erwähnt, auch in früheren Jahrhunderten schlechte und vergängliche Papiere aus Lumpen erzeugt wurden, welche zum großen Theil nicht auf uns gekommen, sondern im Laufe der Zeit der Zerstörung anheimgefallen sind.

Beispiele alter stark im Verfall befindlicher Papiere führt Kirchner in Nr. 3 des „Wochenblattes", Jahrgang 1896, in seinen „Fachgesprächen" an, es sind die Nummern 107 und 291 arabischer Codices aus den Jahren 1032 und 1050 n. Chr., welche sich in der Königlichen Bibliothek zu Berlin befinden. Die Handschriften zeigen sich nach dem Kirchnerschen Bericht im starken Zerfall begriffen und selbst beim schonendsten Umblättern bröckeln kleine Theile des tiefbraun vergilbten Papiers ab. Kirchner bemerkt ferner, daß fast alle von ihm besichtigten Papiere bis zum 13. Jahrhundert stark vergilbt und angegriffen sind.

Wenn man Gelegenheit hätte, unsere Bibliotheken auf den Zustand alter Handschriften gründlich zu studiren, würde man voraussichtlich noch eine große Anzahl von Beispielen dafür beibringen können, daß es nicht bloß gut erhaltene, sondern auch schlecht erhaltene Lumpenpapiere früherer Zeiten giebt, ganz abgesehen von den Papieren, die im Laufe der Jahrhunderte gänzlich zu Grunde gingen. Ob wir die Ursache hiervon in einer theilweise mangelhaften Bereitung des Papiers seitens unserer Vorfahren, oder in einer mangelhaften Aufbewahrung, oder in beiden zu suchen haben, dürfte in konkreten Fällen wohl kaum mit Sicherheit entschieden werden können. Vermuthen dürfen wir aber in erster Linie eine mangelhafte Herstellung, einmal weil man die alten Handschriften, als ein überaus kostbares und werthvolles Material, wohl in den meisten Fällen sehr sorgfältig aufbewahrt haben wird, und zweitens, weil uns genug Mittheilungen darüber überliefert sind, daß es die Papiermacher früherer Jahrhunderte vielfach an Gewissenhaftigkeit bei Ausübung ihrer Kunst fehlen ließen und ein schlechtes, wenig brauchbares und wenig ausdauerndes Papier herstellten. Auf eine Reihe derartiger Mittheilungen, wie sie uns von alten Historikern (Beckmann, Wehrs, Petrus Venerabilis ꝛc.) überliefert worden sind, sei nachstehend kurz hingewiesen.

Die Kunst der Papiererzeugung wurde bekanntlich durch die Araber zuerst von Afrika nach Spanien verpflanzt und zwar etwa im elften Jahrhundert. Die christlichen Nachfolger

der mauriſchen Papiermacher müſſen die Herſtellung des Papiers zuerſt noch mangelhaft betrieben haben, denn es wird uns über ihr im 11. bis zum 13. Jahrhundert hergeſtelltes Fabrikat von Zeitgenoſſen berichtet,

„daß es ſich überhaupt dadurch kenntlich macht, daß es zerbrechlich iſt, ſich nicht gut zuſammenlegen läßt und immer gelblich ausfällt, nicht mehr bloß aus roher Baumwolle, ſondern auch aus baumwollenen Lappen hergeſtellt wird“ [1]).

Bis zum 15. Jahrhundert findet man, ſelbſt noch bei einigen Exemplaren der erſten gedruckten Bücher, Werke, welche abwechſelnd aus Pergamentblättern und Papierblättern beſtehen. Die Anſichten über die Urſache dieſer eigenthümlichen Erſcheinung gehen auseinander; die eine Meinung geht dahin, daß dieſe Vermiſchung eingetreten ſei zu einer Zeit, in der es entweder an Papier oder an Pergament mangelte; die andere Anſicht iſt die, daß das zerbrechliche Papier durch die eingeſchobenen Pergamentblätter ſoviel wie möglich geſchützt werden ſollte. Dieſe letztere Anſicht vertritt beſonders Mangerard in ſeinem Extrait du mémoire sur la matière, dont les anciens se sont servis pour écrire. 1780, in dem er ſich wie folgt äußert:

„Bei den erſten auf Papier gedruckten Bänden gebrauchte man die Vorſicht, abwechſelnd ein Pergamentblatt und ein Papierblatt zu nehmen, weil das Papier wegen ſeiner Dicke ſehr brüchig war und durch das Pergament gehalten werden ſollte.“

Daß es ſich in Spanien nicht um vereinzelte ſchlecht hergeſtellte Papiere, ſondern durchweg um ein Schlechterwerden der Papiere überhaupt handelte, ſcheint aus einem Edikt des Königs Peter II. von Valenzia aus dem Jahre 1338 hervorzugehen, durch welches die Papiermacher in Valenzia und Xativa,

„wenn ſie nicht wegen Betrugs beſtraft ſein wollten, angewieſen wurden, das Papier wieder auf die alte Güte zurückzubringen“.

Der weſentlichſte Theil dieſes Befehls iſt nachſtehend in Ueberſetzung wiedergegeben; da er in ſchwülſtigem Latein abgefaßt und mit ſpaniſchen Brocken vermiſcht iſt, ſo war eine Uebertragung ſchwierig, und ich bin meinem Kollegen Herrn Dr. Wisbar für die Unterſtützung, die er mir hierbei hat zu Theil werden laſſen, zu beſonderem Danke verpflichtet. Die Ausdrucksweiſe der Verfügung wurde nach Möglichkeit wiedergegeben.

Nach einer wortreichen aber nichtsſagenden Einleitung, in der ſich Peter II. an ſeine Rathgeber und „an diejenigen, welche deren Anordnungen gehorchten“, wendet, heißt es weiter:

„Obwohl es Pflicht der Königlichen Majeſtät iſt, die Unterthanen vor Schaden zu bewahren, ſo iſt ſie doch auch hauptſächlich gehalten, denen entgegenzutreten, welche dem Staate Schaden zufügen. Wie in der That das Gerede mehrerer unſerer Freunde und auch einiger anderer ſowohl im Staate Valenzia als auch in Xativa öfters unſer Ohr getroffen hat: Die Künſtler und Meiſter, welche Papier machen, haben das Papier ſowohl bezüglich des Ausſehens als auch des Einreißens durch verſchiedene herausgeſuchte Betrügereien verdorben und es werden die Regiſter und die kurzgefaßten Schriftſtücke der Kanzleien und Aemter, welche

[1]) Auf die nach neueren Forſchungen von Briquet, Karabacek und Wiesner ins Reich der Legende zu verweiſenden Berichte über die alten aus roher Baumwolle hergeſtellten Papiere, kann ich hier nicht näher eingehen. Nur ſoviel ſei bemerkt, daß, wenn an ſpäterer Stelle vom „Baumwollpapier“ die Rede iſt, es ſich wahrſcheinlich in allen Fällen um ein Papier aus Lumpen und zwar vorzugsweiſe aus leinenen Lumpen handelt.

die authentischen Schriftstücke enthalten, sowie die Bücher der Privatpersonen in kurzer Zeit zerrissen und vernichtet.

Indem wir daher, wie es sich ziemt, diesen Schädigungen und Betrügereien entgegentreten und für unsere und unserer Unterthanen Schadloshaltung sorgen wollen: So haben wir erachtet, dahin Vorkehrungen zu treffen und auch verordnen zu müssen: das Papier möge fürderhin auf die alte Güte zurückgebracht werden und durch die genannten Meister und Fabrikanten möge es gemäß der alten Beschaffenheit gemacht werden, so wie man es von Alters zu bereiten gewohnt war, sowohl bezüglich des Aussehens (Schönheit) als auch des Zerreißens, als auch des Gewichtes und anderer Dinge. Deshalb sagen wir Euch und einem Jeden von Euch und beauftragen Euch ausdrücklich, Ihr möget diese unsere Verordnung und Fürsorge jenen Meistern durch die Stimme eines Herolds von Staatswegen verkünden, und Ihr sollt veranlassen, daß es in den Amtsregistern sogleich aufgeschrieben und registrirt werde, damit nicht Unkenntniß der Euch übertragenen Pflichten vorgeschützt werden könne und damit leicht aufgespürt werden könne, wenn ein solcher Fall sich ereignet.

Wir beauftragen noch überdies die „Mustazaffien" des Staates Valenzia und Xativa, wenn sie finden werden, daß gegen unsere vorgenannte Verordnung und Fürsorge ein Betrug oder ein Verstoß fortan begangen wird, daß dann Vollstreckungen vorgenommen werden, welche sonst bei Betrug ausgeführt zu werden pflegen."

In Italien finden wir bereits ein Jahrhundert früher einen Anhalt dafür, daß man mit den Papieren schlechte Erfahrungen gemacht hatte.

Die Constitutiones Siculae vom Kaiser Friedrich II. (Rom 1221) enthalten eine Bestimmung des Inhaltes, daß künftig alle öffentlichen Urkunden ausschließlich auf Pergament zu schreiben seien, und daß alle von diesem Zeitpunkt ab auf Papier ausgefertigten Dokumente nicht beweiskräftig sein sollten. Alle aus früheren Jahren herrührenden „auf baumwollenes Papier" geschriebenen Dokumente mußten innerhalb eines Zeitraumes von zwei Jahren auf Pergament umgeschrieben werden.

Der wichtigste Theil dieser Konstitutiones lautet übersetzt etwa wie folgt:

„Auch befehlen wir und setzen fest, daß die Staats- und andere ähnliche Urkunden in Zukunft nur auf Pergament geschrieben werden sollen, denn da deren Glaubwürdigkeit lange Zeiten überdauern soll, so halten wir es für richtig, daß sie nicht etwa in Folge ihres Alters der Gefahr der Zerstörung unterliegen.

Auf Grund von Urkunden, welche auf Papierblättern oder auf andere Weise als obengesagt geschrieben worden sind (es sei denn, daß sie aus den frühesten Zeiten stammen), soll vor Gericht und auch außerhalb der Gerichte überhaupt keine Beweisführung vorgenommen werden, indem nur die aus früheren Zeiten stammenden Schriften in ihrer Festigkeit dauern werden. Diejenigen Schriftstücke jedoch, welche in den vorher genannten Orten Neapel, Amalfi und Sorrent auf den vorher genannten baumwollenen Papieren abgefaßt worden sind, sollen binnen zwei Jahren, von dem Tage dieser Verfügung gerechnet, auf den gemeinsamen und gesetzmäßigen Schreibstoff umgeschrieben werden."

„Dieſes kann für einen Beweis gelten, daß das damalige baumwollene Papier von ſchlechter Beſchaffenheit geweſen," bemerkt hierzu Wehrs mit Recht, denn eine andere Erklärung als die, daß man bei Verwendung des damaligen Papiers zu Urkunden ſchlechte Erfahrungen gemacht hatte und man es daher zu dieſem Zweck fernerhin für ungeeignet hielt, dürfte man angeſichts der angeführten Beſtimmungen kaum zu ſuchen haben.

Auch der Papſt Innocenz III. ließ, wie Harenberg berichtet, im Jahre 1205 das Privilegium für die Kirche zu Gandersheim von Papier auf Pergament übertragen.

Im Anfang des 14. Jahrhunderts mußten verſchiedene italieniſche Notare auf Handſchlag verſichern, keine Urkunde auf „charta bombycina"[1]) auszufertigen.

Von den Büchern, die in Spanien im 17. Jahrhundert gedruckt wurden, berichtet Wehrs, daß ſie den ſtetigen Verfall der Papiermanufakturen beweiſen; er führt dies theilweiſe auf die Privilegien für die alleinige Herſtellung gewiſſer Bücher zurück, die an Klöſter und bevorzugte Perſonen ſeitens der ſpaniſchen Könige verliehen wurden, theils darauf, daß der Preis, den die Regierung für jedes im Publikum erſcheinende Buch feſtſetzte, ſo niedrig war, daß ein gutes Papier nicht verwendet werden konnte. Die Folge war der Verfall der Druckereien und Papiermühlen in Spanien und der Uebergang des Papierhandels in Spanien an andere Nationen. Namentlich die Genueſer bemächtigten ſich deſſelben und lieferten den Spaniern an Stelle des von dieſen ſelbſt erzeugten geringen Papiers beſſere Sorten.

In Frankreich wurden vom Jahre 1671 an mehrere Verfügungen erlaſſen, welche ſich mit der Papiermacherei befaßten, aber alle dieſe Beſtimmungen reichten, wie ein Beſchluß des Staatsraths vom 27. Januar 1736 ausdrücklich hervorhebt, nicht aus, „um den Papieren ihre nothwendigen guten Eigenſchaften zu verſichern". Aus dieſem Grunde ſei es, wie der Beſchluß weiter anführt, erforderlich, eine Reihe neuer Beſtimmungen zu treffen, „um die Papiermanufaktur zu dem höchſten Grad der Vollkommenheit zu bringen". Die erlaſſenen Beſtimmungen befaßten ſich eingehend mit allen Einzelheiten der Papierherſtellung: Aufbewahrung und Zerkleinerung der Lumpen, Aufſtellung der Werkzeuge an ſtaubfreien Orten, Reinigung des Waſſers, Verbot der Anwendung von Kalk zum Reinigen der Lumpen und von Fett zum Glätten des Papiers ꝛc. ꝛc.

Der Vorbehandlung der Lumpen mit Kalk ſcheint man vorzugsweiſe die Urſache der Brüchigkeit der Papiere zugeſchrieben zu haben; aber auch an Zuthaten mineraliſcher Art ſcheint es in früheren Jahrhunderten nicht gefehlt zu haben, denn Wehrs berichtet bei Aufzählung der verſchiedenen Papierſorten, die in Frankreich bereitet wurden:

> „Das Papier à Sacs, welches aus den gröbſten Hadern der Garne und des Seilwerks gemacht wird, iſt gleichfalls ſehr braun; da es nach dem Gewicht verkauft wird, ſo hat man die Fabrikanten im Verdacht, daß ſie etwas von erdichten Theilen darunter miſchen, um das Gewicht zu vermehren, denn ſonſt wäre es unbegreiflich, wie es ungeachtet ſeiner großen Dicke ſo leicht zerreißlich ſein könnte."

In Deutſchland, welches bekanntlich erſt vom Ende des 14. Jahrhunderts an ſelbſt Papier erzeugte, ſoll das Papier im erſten Jahrhundert nach Erfindung der Buchdruckerkunſt ſehr „von innerer Güte" geweſen, ſpäter aber erheblich ſchlechter geworden ſein, ſo daß man feinere Sorten aus Holland kommen ließ. Wehrs berichtet hierüber:

---

[1]) Eine alte Bezeichnung für gefilztes Papier, welche vielleicht zu der Annahme Veranlaſſung gegeben hat, es ſei aus roher Baumwolle hergeſtellt.

„Die zunehmende Zahl der Pressen und der deswegen immer mehr mangelnde Stoff des Papiers hat die Papiermacher den Kunstgriff gelehrt, aus der wenigen Materie gleichwohl eine größere Anzahl Ballen zu liefern, eine Sache, die wegen der Dünne des Papiers weder Druckern, noch Lesern recht sein kann.

Auch in Ansehung der Weiße haben die mehrsten deutschen Papiere ihren Werth verloren. Das Coburger Papier z. B. ist grau und schlecht und ebenso auch größten Theils alles Papier, was Baiern aus seinen zwei und zwanzig Papiermühlen fabrizirt. Kaum habe Böhmen, ein Theil von Franken und Schwaben noch den Ruhm, daß sie feine und weiße Papiere liefern."

Wehrs bedauert diese Thatsache um so mehr, als nach seiner Meinung nur die Nachlässigkeit der Papiermacher Schuld daran ist, daß in Deutschland nicht ebenso gute Papiere wie in Holland und Frankreich gemacht werden, „weil sie lieber mit weniger Mühe schlecht, als mit Fleiß gut arbeiten". Man befaßte sich denn auch in Deutschland damit, dem Verfall der Papiermanufakturen entgegenzuarbeiten; es wurden eine Anzahl von Bestimmungen aufgestellt und zu Entwürfen vereinigt, die aber aus unbekannten Gründen nicht zur Durchführung gelangten. Dieser „Entwurf einer Papiermüllerordnung für die Churmark Brandenburg", 1745, sollte u. a. verhindern, daß sich die Unterthanen „wegen der in einigen Mühlen verfertigten schlechten Papiere" veranlaßt sähen, ausländisches Papier zu kaufen. Wäre der Entwurf in Kraft getreten, so hätte er voraussichtlich eine Verbesserung der Papierqualität herbeigeführt. So aber blieb Alles beim Alten und die deutschen Papiere wurden nicht besser, obwohl vereinzelte Mühlen, durch ausgesetzte Prämien angespornt, Papiere herstellten, welche den holländischen und französischen nichts nachgaben.

Als direkte Ursachen der geringen Haltbarkeit der Papiere giebt Wehrs vorzugsweise folgende an: Verarbeitung schlechter, grober Lumpen, mangelhafte Sortirung derselben, Anwendung des Fäulnißprozesses und Verwendung ungereinigten Wassers.

Ein charakteristisches Bild für die hier berührten Verhältnisse giebt ein im Jahre 1785 von der Akademie der Wissenschaften zu Paris ausgesetzter Preis für die beste Beantwortung der Frage: Welches sind die wahren Ursachen des allgemeinen Verfalles der Papiermanufakturen und durch welche Mittel ist diesem Uebel am besten abzuhelfen?

Der ausgesetzte Preis konnte aber nicht vertheilt werden, weil sich kein Bewerber gemeldet hat.

In Oesterreich befaßte sich die Theresianische Papiermacher-Ordnung aus dem Jahre 1754 mit der Verbesserung der Verhältnisse in der Papiermanufaktur. Hier einige besonders interessirende Theile derselben:

„Was gestalten nicht ohne Mißfallen beobachtet worden sei, daß die in den Kaiserl. Königl. Erb-Landen verfertigten Gattungen des Papieres noch keinerdingen in behöriger Güte und Vollkommenheit erzeuget und eben dahero noch vieles Papier aus fremden Landen eingeführet ꝛc. ꝛc."

„Daraus hat sich veroffenbahret, daß weder die Sammlung der Hadern oder Strazzen, noch auch die Sortir-Reinigung und Zubereitung derselben mit behörigem Fleiß bewürcket, sondern im Gegentheil ein so anderes fast gäntzlichen außer Acht gelassen."

Diese geschichtlichen Mittheilungen machen keinen Anspruch auf Vollständigkeit; ich habe sie gegeben, soweit es mir die zur Verfügung stehende Literatur gestattete, und für den vorliegenden Zweck erscheinen sie ausreichend. Sie zeigen, daß auch zur Zeit, in der es noch keine

Surrogate und keine „gewaltsamen Fabrikationsprozesse" gab, aus reinen Lumpen recht schlechte und wenig dauerhafte Papiere gemacht wurden. Es kommt eben nicht allein auf die Art des Rohstoffes an, welcher zu Papier verarbeitet wird, sondern auch auf seinen Zustand und die Art seiner Verarbeitung.

Aus schlechten, mürben Lumpen wird auch der geschickteste Papiermacher kein festes Papier machen können und andererseits wird bei einer unzweckmäßigen Verarbeitung auch aus den besten Rohstoffen kein gutes Fabrikat erzielt werden können.

Ferner ist aber auch zu bedenken, daß die äußeren Umstände, welche im Laufe der Zeit auf ein Papier einwirken, auf dessen Ausdauerfähigkeit noch einen erheblich größeren Einfluß ausüben können als die Stoffzusammensetzung und Herstellungsweise selbst; Papiere aus den geringwerthigsten Stoffen können bei geeigneter Aufbewahrung lange Zeiträume überdauern, während andere aus den besten Lumpen hergestellte, in Folge ungünstiger äußerer Einflüsse in verhältnißmäßig kurzer Zeit zu Grunde gehen. Beispiele der ersten Art liefern uns die Jahrtausende alten Papyrusrollen des Alterthums und die über 100 Jahre alten Papiere, welche Schäffer aus den verschiedensten Faserstoffen (Sägespäne, Wassermoos, Torf, Hobelspäne, Kartoffelkraut, Hopfenranken ꝛc.) erzeugte; Beispiele der zweiten Art bieten unsere aus den besten Rohstoffen hergestellten Banknoten.

Die Schäfferschen Papiere, von denen die Versuchsanstalt eine größere Anzahl besitzt, haben sich trotz ihrer geringen Festigkeit und ihrer verschiedenartigen Stoffzusammensetzung in Folge sorgfältiger Aufbewahrung sehr gut gehalten und werden bei gleicher Behandlung voraussichtlich noch weitere Jahrhunderte überdauern, während beispielsweise unsere Banknoten trotz ihrer ursprünglichen großen Festigkeit, in Folge ihres beständigen Umlaufes häufig so leiden, daß sie nur durch Ueberkleben mit anderem Papier vor dem Auseinanderfallen bewahrt werden können.

Unter gleichen äußeren Einflüssen werden sich voraussichtlich die festesten aus den beständigsten Rohstoffen hergestellten Papiere am längsten und besten erhalten; als beständigste Rohstoffe sieht man zur Zeit bekanntlich die Lumpen aus Hanf, Leinen und Baumwolle an; die Gründe, welche hierfür angeführt werden, können nicht als durchweg stichhaltig angesehen werden. Die Ausführung systematisch angelegter Dauerversuche zwecks einwandfreier Beantwortung dieser Frage muß daher immer wieder von neuem betont werden.

---

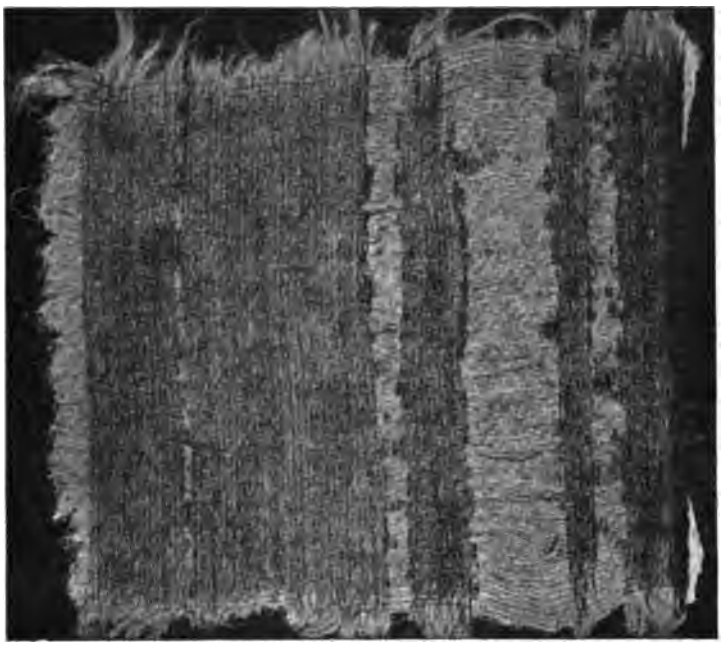
4. Kleine Mittheilungen aus der Abtheilung für Papierprüfung.

Vom Abtheilungsvorsteher W. Herzberg.

1. Stoffprüfung.

Von einer außerdeutschen Färberei und Appreturanstalt wurde der Versuchsanstalt eine Probe Flanell, dessen Kette aus weißem Baumwollgarn und dessen Schuß aus rein wollenem weißen Garn bestand, zur Untersuchung eingeschickt, um festzustellen, wodurch die morschen Stellen in dem Stücke entstanden seien. Nach Angabe der Fabrik wurden die Stücke gewalkt, zweimal gewaschen und geschwefelt; auf der Spannmaschine kamen dann die morschen Stellen zum Vorschein. Die morschen Stellen traten ausschließlich in der baumwollenen Kette auf, während der wollene Schuß sich in gutem Zustande befand; sie zeigten sich als gelbliche Streifen namentlich in der Nähe der Webkante. Die baumwollene Kette war hier theilweise

vollständig zerstört und zerbröckelte und zerstäubte beim Anfassen des Stoffes. Die nachstehende Figur zeigt ein Stück des Stoffes, aus welchem, wie die helleren Stellen zeigen, die baumwollene Kette theilweise herausgebröckelt ist. An den gelben Stellen verhielt sich der Flanell, als wenn er karbonisirt wäre. Beim Zusammendrücken und Klopfen blieb nur noch der wollene Schuß zurück, während die baumwollenen Fäden in feinste Theile zerstäubten.



Daher lag die Vermuthung nahe, daß die Zerstörung der baumwollenen Kette durch die Einwirkung einer Säure hervorgebracht worden sei; die Untersuchung bestätigte diese Vermuthung. Der Stoff enthielt erhebliche Mengen freier Schwefelsäure, welche in dem Stoff ungleichmäßig vertheilt war. Die größten Mengen ließen sich an den gelben morschen Stellen nachweisen. Für die Ursache des Auftretens der Schwefelsäure in dem Stoff ließ sich durch Untersuchung des fertigen Materials naturgemäß ein Anhalt nicht gewinnen. Dieser hätte mit Sicherheit nur durch genaue Verfolgung und Beobachtung der einzelnen Stadien des Fabrikationsprozesses gewonnen werden können. Indessen lag die Vermuthung nahe, daß eine Oxydation der beim Schwefeln benutzten schwefligen Säure zu Schwefelsäure stattgefunden hatte und daß diese weder durch Auswaschen noch durch Neutralisation beseitigt worden war. Wie sich später bei genauem Nachforschen in der Fabrik herausgestellt haben soll, war die Schwefelkammer, in welcher das Schwefeln der Stoffe vorgenommen wurde, an einer Stelle undicht geworden, und die hier eintretende atmosphärische Luft gab Veranlassung zur Bildung der Schwefelsäure. Nach Verstopfung der Oeffnung soll sich der Uebelstand nicht mehr gezeigt haben.

2. Festes Packpapier.

Eine deutsche Papierfabrik schickte der Versuchsanstalt vor Kurzem ein ausländisches Packpapier zur Feststellung der Reißlänge und Bruchdehnung ein. Die Fabrik wurde hierzu, wie sie mittheilte, veranlaßt, weil das Papier sich als ein außerordentlich festes und zähes Material erwies.

Die Prüfung wurde ausgeführt und lieferte folgende Ergebnisse[1]):

Maschinenrichtung		Querrichtung		Mittel	
Reißlänge	Dehnung	Reißlänge	Dehnung	Reißlänge	Dehnung
m	%	m	%	m	%
8550	3,3	4950	5,6	6750	4,5

Nachdem die Fabrik die Prüfungsergebnisse erhalten hatte, sprach sie der Versuchsanstalt ihr Erstaunen aus über die hohe Reißlänge und theilte gleichzeitig mit, daß sie sich seit einiger Zeit Mühe gegeben habe, in Deutschland ein ähnlich festes Packpapier ausfindig zu machen; es sei ihr jedoch bis jetzt keine Probe von mehr als 4250 m Reißlänge zu Händen gekommen. Sie fragte gleichzeitig an, ob in der Versuchsanstalt schon deutsche Packpapiere geprüft worden seien, welche eine ähnlich hohe Reißlänge gezeigt hätten; wenn dies der Fall wäre, ersuchte sie um Namhaftmachung der Fabrikanten, welche ein so festes Packpapier erzeugen. Die Anstalt theilte der Fragestellerin mit, daß allerdings eine Reihe von Packpapieren untersucht worden sei, welche ähnlich hohe Reißlängen, wie das von der Fabrik eingereichte ausländische Muster, gehabt hätten. Von einer Namhaftmachung der Fabrikanten dieser Papiere müsse indessen Abstand genommen werden, da hierzu die Erlaubniß der betreffenden Fabrikanten eingeholt werden müßte und dieser Weg umständlich und zeitraubend sei. Die Versuchsanstalt gab der Fabrik den Rath, in den Fachblättern eine Aufforderung des Inhalts zu veröffentlichen, daß sie mit Fabrikanten von festen Packpapieren in Verbindung zu treten wünsche, da wohl nicht daran zu zweifeln sei, daß sich daraufhin eine Anzahl von Fabrikanten melden würde.

Im Anschluß hieran seien die Ergebnisse der Prüfung einiger Packpapiere, welche sich durch hohe Reißlängen auszeichneten, mitgetheilt.

Stoffzusammensetzung des Papiers	Maschinenrichtung		Querrichtung		Mittel		Widerstand gegen Zerknittern
	Reißlänge m	Dehnung %	Reißlänge m	Dehnung %	Reißlänge m	Dehnung %	
1. Manila mit einem Zusatz von Holzcellulose (qm = 168 g)	7800	2,6	4600	6,9	6200	4,8	—*)
2. Adansonia m. geringen Mengen Holzcellulose (qm = 85 g)	9060	2,8	4250	6,7	6660	4,8	6
3. Adansonia . . . . (qm = 166 g)	8600	3,3	5500	3,9	7050	3,6	7

Vielleicht veranlassen vorstehende Zeilen eine Reihe deutscher Packpapierfabrikanten, der Versuchsanstalt Muster von besonders festem Packpapier einzusenden, mit der Ermächtigung, bei Anfragen, wie sie oben gekennzeichnet sind, ihre Firma als Bezugsquelle anzugeben.

[1]) Wie die Versuchsanstalt im eigenen Interesse noch feststellte, war das Papier ausschließlich aus Manilafasern hergestellt worden; das Quadratmetergewicht betrug 155 g.

*) Konnte wegen der geringen Menge des zur Verfügung stehenden Probematerials nicht bestimmt werden.

Für die Redaktion verantwortlich: A. Martens. — Verlag von Julius Springer in Berlin.

Druck von E. Buchbinder in Neu-Ruppin.

Tafel I.

7.

bedeckt in Wasser
ach 5 Tagen.

Mittheilungen
aus den
Königlichen technischen Versuchsanstalten
zu Berlin.

Herausgegeben im Auftrage
der Königlichen Aufsichts-Kommission.

XV. Jahrgang. **1897.** Drittes und viertes Heft.

Bericht über die Ergebnisse von Voruntersuchungen mit Drähten und Litzen zur Feststellung des Einflusses der Konstruktion auf die Festigkeitseigenschaften von Drahtseilen.

Erstattet vom stellv. Direktor und Vorsteher der Abtheilung für Metallprüfung, Professor M. Rudeloff.

I. Untersuchungen mit Drähten und den aus ihnen in der Versuchsanstalt angefertigten Litzen.

Um die von dem Herrn Minister der öffentlichen Arbeiten angeordneten „Untersuchungen der Festigkeitseigenschaften und Konstruktionsverhältnisse von Drahtseilen" in systematischer Weise zur Durchführung zu bringen, sind zunächst Vorversuche angestellt, die Aufschluß darüber geben sollen, wie einzelne Drähte und aus diesen hergestellte Litzen sich gegen wiederholte Biegungen um Rollen unter gleichzeitiger Zugbelastung verhalten und welchen Einfluß die Festigkeitseigenschaften der zu den Litzen verarbeiteten Drähte auf die Dauerhaftigkeit der Litzen bei der genannten Inanspruchnahme ausüben.

A. Das Probematerial.

Als Probematerial für die gedachten Untersuchungen wurden von der Westfälischen Union Aktien-Gesellschaft für Bergbau, Eisen- und Draht-Industrie zu Hamm vier Sorten Draht von 2 mm Stärke mit 38, 50, 80 und 120 kg/qmm vorgeschriebener Zugfestigkeit beschafft und zwar von jeder Sorte (gez. A—D) sechs Ringe.

Aus diesen Drähten wurden in der Versuchsanstalt litzenartige Gebilde, bestehend aus 2, 3 und 4 Drähten ohne Einlage (Seele), sowie Litzen aus 4 und 6 Drähten mit Kupferseele gefertigt.

Zur Herstellung dieser Litzen wurden die Drähte, welche zusammengedreht werden sollten, an dem einen Ende unter einander verknüpft und über einen Haken gehängt, der in der Stirnfläche einer wagerecht gelagerten Welle eingeschraubt war. An den anderen Drahtenden waren starke Schnüre angebracht, die über Rollen geleitet und durch angehängte Gewichte straff gehalten wurden. Zwischen die in der beschriebenen Weise neben einander ausgespannten Drähte wurde ein sogenanntes Herzstück aus hartem Holz von der aus Fig. 1 ersichtlichen Form gebracht, indem die zu vereinigenden Drähte unter gleichmäßiger Vertheilung über den Umfang des Herzstückes in die auf dem letzteren angebrachten Rillen eingelegt und durch ein

mehrere Proben ebenfalls an der Einspannung, indessen erreichten diese meist größere Verwindungszahlen als die im freien Theil gebrochenen Drähte derselben Sorte.

Die Dauerbiegeversuche mit Drähten und Litzen wurden mittels der in Fig. 4—6 dargestellten Maschine (Bauart A. Martens) ausgeführt. Die Proben hingen hierbei, am unteren Ende durch angehängte Gewichte belastet, zwischen zwei Backen, die auf den einander zugewendeten Seiten paarweise nach verschiedenen Halbmessern abgerundet waren. Sie wurden dadurch nach den Abrundungsradien hin und her gebogen, daß die beiderseits auf Lager gestützten Backenpaare durch ein Hebelwerk mit Exzenterantrieb in schwingende Bewegung versetzt wurden.

Die Maschine ist in der mechanischen Werkstatt der Königlichen technischen Hochschule angefertigt. Ihr Gestell ist aus Holz gezimmert. Fig. 4 und 5 zeigen Seitenansichten und Fig. 6 die Ansicht von oben.

Die Backenpaare b, zwischen denen die Proben in Riefen mit halbkreisförmigem Querschnitt hängen, sind theils aus Holz, theils aus Gußeisen gefertigt und zwischen die flachen Holzschienen H eingeschraubt. Letztere stützen sich mit den unteren, nach 11 mm Halbmesser abgerundeten und mit Eisen beschlagenen Enden, auf eiserne Pfannen, die in die Balken B eingelassen sind. Am oberen Ende sind die Schienenpaare H durch die hölzerne flache Stange S unter einander und durch den Lenker l mit dem Winkelhebel w verbunden. Der Ausschlag des letzteren beim Betrieb der Maschine beträgt 29 Grad und demnach die Winkelbewegung der Schienen H nach dem Verhältniß der Schwingungshalbmesser etwa 45 Grad. Die Stifte s dienen zum Aufhängen der Proben.

Die Versuche wurden in der Weise durchgeführt, daß die sechs Abtheilungen der Maschinen mit Backen von verschiedenen Abrundungen und zwar nach 10, 25, 50, 100, 150 und 200 mm ausgerüstet, die eingehängten Proben gleicher Art mit gleichen Gewichten belastet und dann mittels Zählwerkes die Schwingungszahlen festgestellt wurden, bei denen die Proben nach einander zum Bruch gingen.

Jede einzelne Versuchsreihe lieferte somit 6 Werthe zur Beurtheilung des Einflusses des Biegungshalbmessers auf die Biegungsfähigkeit des jeweilig verwendeten Probematerials bei der gewählten für alle 6 Proben gleich großen Zugbelastung.

Um ferner den Einfluß der Größe der Zugbelastung auf die Biegungsfähigkeit der Drähte bei gleichem Biegungshalbmesser zu ermitteln, sind Versuchsreihen mit verschiedenen Zugbelastungen durchgeführt. Die Größe der letzteren ergiebt sich aus Tab. 2, welche die Versuchsergebnisse enthält. Hier möge nur noch darauf hingewiesen sein, daß stets mehrere und zwar 2 bis 4 Parallelreihen ausgeführt wurden, um zu hinreichend zuverlässigen Mittelwerthen zu gelangen.

C. Versuchsergebnisse.

a) Festigkeitsversuche mit den einzelnen Drähten.

Die Ergebnisse der Zugversuche sowie der Biege- und Verwindungsproben mit den einzelnen Drähten sind in Tab. 1 zusammengestellt. Die Tabelle enthält sämmtliche Einzelwerthe aus allen Versuchen, ferner, abgesehen von den bei den Zugversuchen beobachteten Dehnungen, die Mittelwerthe aus den beiden Versuchen mit demselben Drahtring und schließlich die Gesammtmittel aus allen Versuchen mit derselben Drahtsorte.

Die Belastungen, für welche die beobachteten Dehnungen bei den verschiedenen Drahtsorten gelten, sind unter einander und unter Beifügung der Drahtzeichen im Kopf der Tabelle angegeben.

Die Zugversuche mit den Drähten wurden auf der 1000 kg-Maschine (Bauart des Berichterstatters) und diejenigen mit den Litzen auf der 50 t-Maschine (Bauart A. Martens) ausgeführt. Die Enden der Proben wurden hierbei in konischen Gehäusen festgelegt und zwar bei den einzelnen Drähten mittels aufgerauhter Beilegekeile und bei den Litzen durch Vergießen mittels einer Legirung aus Blei und Zinn.

Die Zugbelastung wurde stufenweise gesteigert und die Dehnung für jede Laststufe auf 300 mm Länge mit Hülfe eines Anlegemaßstabes auf 0,1 mm genau ermittelt. Nach dem Verlauf der Dehnung für wachsende Belastung und nach dem Abfallen des Belastungshebels der Maschine bei gleichbleibender Dehnungsgeschwindigkeit wurde die Streckgrenze festgesetzt, und schließlich wurde die Bruchbelastung für die Drähte auf 2 kg und für die Litzen auf 5 kg genau ermittelt.

Die Biegeproben mit den Drähten wurden nach dem bekannten Verfahren durch Hin- und Herbiegen des Drahtes um die nach 5 mm Halbmesser abgerundeten Backen eines Schraubstockes ausgeführt.

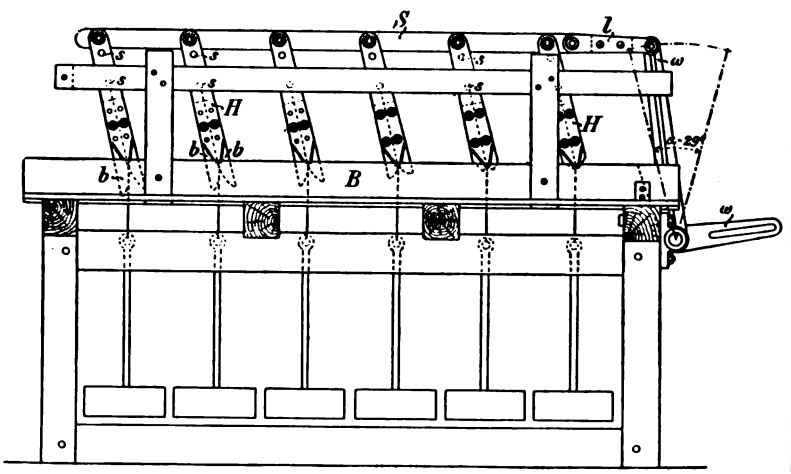


Fig. 4.

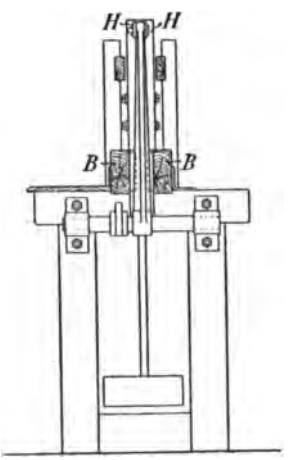


Fig. 5.

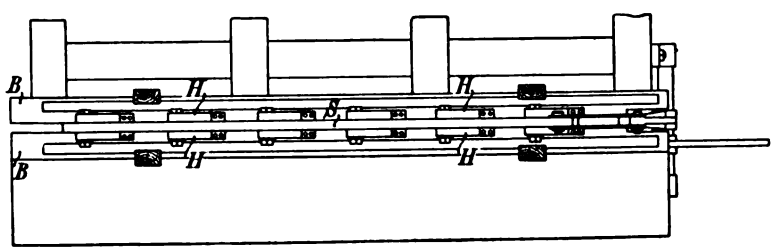


Fig. 6.

Bei den Verwindungsproben wurden die Enden der Drähte mittels aufgerauhter Keile in konische Gehäuse eingespannt, von denen das eine festlag, während das zweite, welches dem ersteren zentrisch gegenüber stand, an seiner rückwärtigen, in einem Lager ruhenden Verlängerung in Umdrehungen versetzt werden konnte. Die freie Länge zwischen den Einspannungen betrug bei allen Versuchen 150 mm. Hierbei gingen die Proben der Sorte A ohne Ausnahme an einer der Einspannungen zu Bruch. Bei den übrigen drei Drahtsorten brachen

mehrere Proben ebenfalls an der Einspannung, indessen erreichten diese meist größere Verwindungszahlen als die im freien Theil gebrochenen Drähte derselben Sorte.

Die Dauerbiegeversuche mit Drähten und Litzen wurden mittels der in Fig. 4—6 dargestellten Maschine (Bauart A. Martens) ausgeführt. Die Proben hingen hierbei, am unteren Ende durch angehängte Gewichte belastet, zwischen zwei Backen, die auf den einander zugewendeten Seiten paarweise nach verschiedenen Halbmessern abgerundet waren. Sie wurden dadurch nach den Abrundungsradien hin und her gebogen, daß die beiderseits auf Lager gestützten Backenpaare durch ein Hebelwerk mit Exzenterantrieb in schwingende Bewegung versetzt wurden.

Die Maschine ist in der mechanischen Werkstatt der Königlichen technischen Hochschule angefertigt. Ihr Gestell ist aus Holz gezimmert. Fig. 4 und 5 zeigen Seitenansichten und Fig. 6 die Ansicht von oben.

Die Backenpaare b, zwischen denen die Proben in Riefen mit halbkreisförmigem Querschnitt hängen, sind theils aus Holz, theils aus Gußeisen gefertigt und zwischen die flachen Holzschienen H eingeschraubt. Letztere stützen sich mit den unteren, nach 11 mm Halbmesser abgerundeten und mit Eisen beschlagenen Enden, auf eiserne Pfannen, die in die Balken B eingelassen sind. Am oberen Ende sind die Schienenpaare H durch die hölzerne flache Stange S unter einander und durch den Lenker l mit dem Winkelhebel w verbunden. Der Ausschlag des letzteren beim Betrieb der Maschine beträgt 29 Grad und demnach die Winkelbewegung der Schienen H nach dem Verhältniß der Schwingungshalbmesser etwa 45 Grad. Die Stifte s dienen zum Aufhängen der Proben.

Die Versuche wurden in der Weise durchgeführt, daß die sechs Abtheilungen der Maschinen mit Backen von verschiedenen Abrundungen und zwar nach 10, 25, 50, 100, 150 und 200 mm ausgerüstet, die eingehängten Proben gleicher Art mit gleichen Gewichten belastet und dann mittels Zählwerkes die Schwingungszahlen festgestellt wurden, bei denen die Proben nach einander zum Bruch gingen.

Jede einzelne Versuchsreihe lieferte somit 6 Werthe zur Beurtheilung des Einflusses des Biegungshalbmessers auf die Biegungsfähigkeit des jeweilig verwendeten Probematerials bei der gewählten für alle 6 Proben gleich großen Zugbelastung.

Um ferner den Einfluß der Größe der Zugbelastung auf die Biegungsfähigkeit der Drähte bei gleichem Biegungshalbmesser zu ermitteln, sind Versuchsreihen mit verschiedenen Zugbelastungen durchgeführt. Die Größe der letzteren ergiebt sich aus Tab. 2, welche die Versuchsergebnisse enthält. Hier möge nur noch darauf hingewiesen sein, daß stets mehrere und zwar 2 bis 4 Parallelreihen ausgeführt wurden, um zu hinreichend zuverlässigen Mittelwerthen zu gelangen.

C. Versuchsergebnisse.

a) Festigkeitsversuche mit den einzelnen Drähten.

Die Ergebnisse der Zugversuche sowie der Biege- und Verwindungsproben mit den einzelnen Drähten sind in Tab. 1 zusammengestellt. Die Tabelle enthält sämmtliche Einzelwerthe aus allen Versuchen, ferner, abgesehen von den bei den Zugversuchen beobachteten Dehnungen, die Mittelwerthe aus den beiden Versuchen mit demselben Drahtring und schließlich die Gesammtmittel aus allen Versuchen mit derselben Drahtsorte.

Die Belastungen, für welche die beobachteten Dehnungen bei den verschiedenen Drahtsorten gelten, sind unter einander und unter Beifügung der Drahtzeichen im Kopf der Tabelle angegeben.

Die Mittelwerthe für die einzelnen Drahtringe zeigen bei den Zugversuchen und Biegeproben für alle vier Drahtsorten gute Uebereinstimmung. Dasselbe gilt von den Verwindungsproben mit den Drahtsorten A und D; dagegen weichen die Verwindungszahlen und zwar nicht nur die Mittelwerthe für verschiedene Ringe, sondern auch die Einzelwerthe für denselben Ring bei den Drahtsorten B und C recht erheblich von einander ab.

Dies Ergebniß zeugt von Gleichmäßigkeit des Materials der Drähte A und D, läßt dagegen die beiden anderen Drahtsorten (B und C) als ungleichmäßig erkennen.

Bei der Sorte B trat die Ungleichmäßigkeit besonders auch noch in der ungleichmäßigen Vertheilung der Windungen über die ganze Länge der Probe zu Tage.

b) Dauerbiegeversuche mit den einzelnen Drähten.

Die Ergebnisse aus den Dauerbiegeversuchen mit den einzelnen Drähten sind für die vier Drahtsorten getrennt in Tab. 2 zusammengestellt. Die Einzelwerthe aus den Parallelversuchen zeigen theilweise recht erhebliche Unterschiede, sie sind daher für die gleichartigen

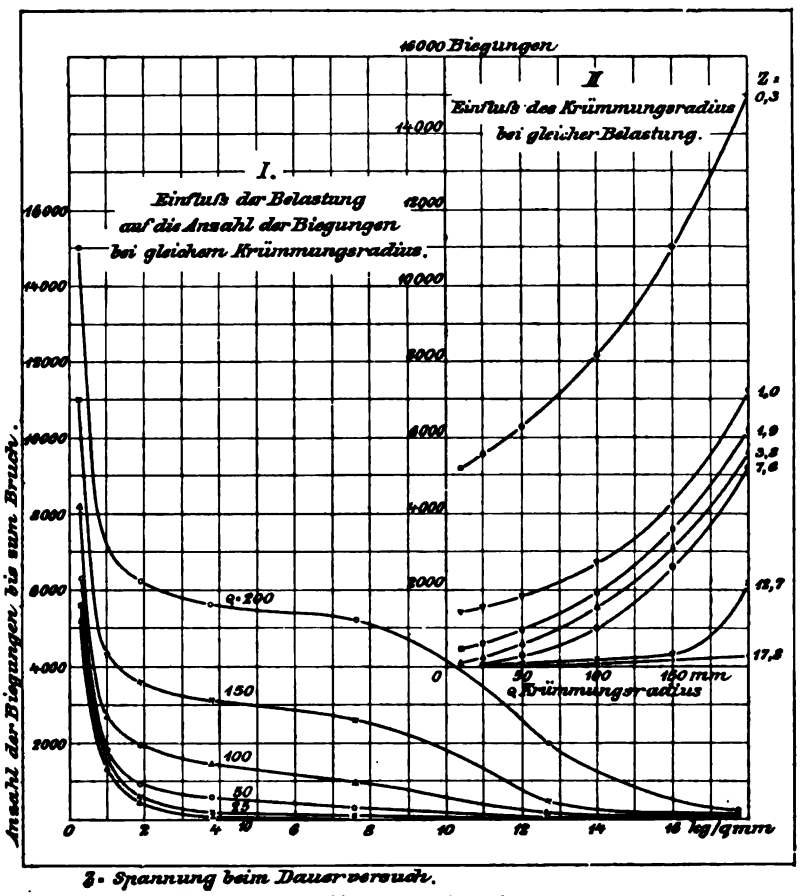


Fig. 7. Dauerbiegeversuche mit Draht A.

Versuchsreihen zunächst zum Mittel zusammengefaßt und dann sind diese Mittelwerthe auf graphischem Wege ausgeglichen. Die hierbei erhaltenen ausgeglichenen Mittelwerthe sind in Tab. 2 immer hinter den Beobachtungswerthen für dieselbe Drahtsorte angegeben und in den Fig. 7 bis 10 in zwei Gruppen I und II zeichnerisch dargestellt. Beide Liniengruppen

Tabelle 1. **Ergebnisse der Zugversuche, Biege-**

Material-Zeichen	Ring Nr.	Abmessungen		Dehnung in % bei den für die vier Sorten übergeschriebenen Belastungen								a) Zug- Streckgrenze		
		Durchmesser mm	Querschnitt mm	A: 40 / B: 40 / C: 75 / D: 100	60 / 80 / 125 / 200	70 / 100 / 175 / 250	80 / 120 / 200 / 275	90 / 140 / 225 / 300	100 / 160 / 250 / 325	110 / 170 / 262,5 / 337,5	120 / 180 / 275 / 350	Einzelwerthe kg	Einzelwerthe kg/qmm	Mittel für den Ring kg/qmm
A	1	2,00	3,14	0,03	0,07	0,10	0,13	0,20	2,00	—	8,0	80	25,5	25,4
		2,01	3,17	0,03	0,07	0,10	0,17	0,60	1,17	2,8	7,0	80	25,2	
	2	2,01	3,17	0,03	0,10	0,13	0,17	0,97	4,53	7,4	14,2	80	25,2	25,4
		2,00	3,14	0,03	0,07	0,10	0,17	0,33	4,33	7,3	12,8	80	25,5	
	3	2,04	3,27	0,03	0,07	0,10	0,17	1,00	4,40	7,0	12,7	80	24,5	25,0
		2,00	3,14	0,00	0,03	0,07	0,10	0,33	3,93	6,6	12,2	80	25,5	
	4	2,00	3,14	0,03	0,07	0,10	0,17	0,37	3,33	6,0	10,0	80	25,5	25,1
		2,03	3,24	0,03	0,07	0,07	0,10	0,23	3,67	6,2	10,7	80	24,7	
	5	2,00	3,14	0,03	0,07	0,07	0,10	0,20	3,33	6,3	10,5	80	25,5	25,3
		2,02	3,20	0,00	0,03	0,07	0,10	0,33	4,17	6,7	11,0	80	25,0	
	6	2,02	3,20	0,03	0,03	0,07	0,10	0,30	3,67	6,7	11,7	80	25,0	24,8
		2,04	3,27	0,03	0,07	0,07	0,13	0,37	2,60	5,0	9,3	80	24,5	
	Mittel	2,01	—	0,03	0,06	0,09	0,13	0,35	3,43	5,7	10,8	—	—	25,2
B	1	2,00	3,14	0,0	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4	3,2	160	50,9	50,4
		2,02	3,20	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,6	3,3	160	49,9	
	2	2,00	3,14	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	3,0	170	54,1	52,0
		2,02	3,20	0,0	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4	1,2	4,7	160	49,9	
	3	2,05	3,30	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	2,1	170	51,5	53,1
		1,99	3,11	0,0	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	2,8	170	54,7	
	4	2,00	3,14	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	180	57,3	55,7
		2,00	3,14	0,0	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	170	54,1	
	5	1,98	3,08	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	3,0	170	55,2	53,1
		2,00	3,14	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	3,0	160	50,9	
	6	1,97	3,05	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	180	59,1	57,2
		1,98	3,08	0,0	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4	2,0	170	55,2	
	Mittel	2,00	—	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,5	2,4	—	—	53,6
C	1	2,03	3,24	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,6	0,7	0,9	262,5	81,1	81,9
		2,01	3,17	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	262,5	82,7	
	2	1,98	3,08	0,1	0,2	0,3	0,4	0,4	0,6	0,7	1,3	250,0	81,2	81,2
		2,03	3,24	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	262,5	81,1	
	3	2,00	3,14	0,1	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7	262,5	83,6	88,5
		1,98	3,08	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5	0,6	287,5	93,4	
	4	2,00	3,14	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5	0,6	287,5	91,5	90,0
		1,99	3,11	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,6	262,5	84,4	
	5	1,98	3,08	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5	0,6	275,0	89,3	90,4
		2,00	3,14	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5	0,6	287,5	91,5	
	6	1,98	3,08	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5	0,6	275,0	89,3	86,5
		2,00	3,14	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5	0,6	262,5	83,6	
	Mittel	2,00	—	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	—	—	86,4
D	1	1,99	3,11	0,1	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,3	325	104,5	106,9
		2,02	3,20	0,1	0,3	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	350	109,2	
	2	2,02	3,20	0,1	0,3	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,8	362,5	113,3	109,5
		1,98	3,08	0,1	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	325	105,6	
	3	2,00	3,14	0,1	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7	0,7	350	111,4	110,3
		2,02	3,20	0,1	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7	0,7	350	109,2	
	4	2,00	3,14	0,1	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	337,5	107,5	107,6
		1,96	3,02	0,1	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	0,9	1,6	325	107,7	
	5	2,02	3,20	0,1	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,7	0,9	337,5	105,5	106,6
		1,96	3,02	0,1	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,2	325	107,7	
	6	2,01	3,17	0,1	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	337,5	106,5	108,7
		2,04	3,27	0,1	0,3	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,7	362,5	110,9	
	Mittel	2,00	—	0,1	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	—	—	108,3

und Verwindungs-Proben mit vier Drahtsorten.

versuche			b) Biegeproben				c) Verwindungsproben			
Bruchlast			Durchmesser	Anzahl der Biegungen bis zum Bruch		Bruchaussehen	Durchmesser	Anzahl der Windungen bis zum Bruch		Verlauf der Windungen
Einzelwerthe		Mittel für den Ring		Einzelwerthe	Mittel für den Ring			Einzelwerthe	Mittel für den Ring	
kg	kg/qmm	kg/qmm	mm				mm			
124	39,5	39,0	2,00	19	18	Bruch senkrecht zur Achse. Bruchfläche: grau, schuppig mit zahlreichen glänzenden Pünktchen.	2,00	94	98	Gleichförmig. Die Windungen beginnen links und gehen nach rechts.
122	38,5		2,00	16			2,00	101		
122	38,5	38,7	2,00	17	17		2,00	89	93	
122	38,8		2,00	17			2,00	99		
124	37,9	38,4	1,98	13	17		1,99	88,5	85	
122	38,8		1,99	20			2,00	81		
124	39,5	38,9	2,01	16	17		2,02	66,5	79	
124	38,3		2,00	17			2,00	91		
124	39,5	39,1	2,02	17	17		2,02	100	94	
124	38,7		2,00	17			2,01	87		
124	38,7	38,7	2,00	17	17		2,01	105	110	
126	38,6		2,01	17			2,00	115		
—	—	38,8	2,00	—	17	—	2,00	—	98	
182	57,9	57,7	2,00	11	12	Bruch senkrecht zur Achse. Bruchfläche: grau, schuppig.	1,99	96	97	Ungleichförmig. Gruppen von verschieden stark geneigten (3—10 mm langen) Windungen.
184	57,4		2,00	12			1,99	98		
184	58,6	57,4	2,00	11	11		1,99	102	87	
180	56,2		2,01	10			2,02	71		
190	57,6	58,4	2,05	10	11		2,04	13	50	
184	59,2		2,00	11			1,98	86		
192	61,1	60,8	2,01	11	11		2,01	85	82	
190	60,5		2,01	11			1,99	78		
184	59,8	58,9	1,98	11	12		1,98	69	74	
182	57,9		2,00	12			2,00	79		
190	62,3	61,4	1,99	10	11		1,98	75	80	
186	60,4		1,99	11			1,98	83,5		
—	—	59,1	2,00	—	11	—	2,00	—	78	
280	86,5	87,4	2,03	8	8	Bruch senkrecht zur Achse. Bruchfläche: matt blaugrau, schuppig, am Rande krystallinisch glänzend.	2,04	60	49	
280	88,2		1,98	8			1,99	38		
275	89,3	88,7	1,98	8	8		1,98	49	49	
285	88,1		2,02	7			2,02	49		
287,5	91,5	94,9	2,02	8	8		2,00	20	29	
302,5	98,2		1,97	7			1,97	37		
297,5	94,7	92,8	2,02	7	8		1,98	10	25	
282,5	90,8		1,99	8			1,98	40		
290	94,2	96,5	2,00	7	7		2,00	40	23	
310	98,7		2,00	7			2,00	5,5		
290	94,2	92,1	2,00	6	8		1,98	6	22	
282,5	89,9		2,00	9			2,00	38		
—	—	92,1	2,00	—	8	—	1,99	—	33	
350	112,5	115,6	1,99	12	10	Bruch senkrecht zur Achse. Bruchfläche: matt blaugrau, schuppig.	1,98	44	38	
380	118,6		2,02	8			2,00	32		
382,5	119,5	119,0	2,01	12	13		2,00	33	33	
365	118,5		2,00	13			1,98	33,5		
380	121,0	118,7	2,00	13	13		2,00	42	42	
372,5	116,4		2,02	12			2,02	42		
370	117,8	117,3	2,00	11	12		2,00	27	32	
352,5	116,7		1,98	12			1,96	36		
367,5	114,8	116,3	2,01	8	10		2,01	42	35	
355	117,7		1,97	12			1,97	28		
360	113,5	115,7	2,00	7	8		2,00	36	36	
385	117,8		2,05	9			2,03	36		
—	—	117,1	2,00	—	11	—	2,00	—	36	

Tabelle 2. Ergebnisse der Dauerbiegeversuche mit Drähten.

A. Seildraht von 38,8 kg/qmm Zugfestigkeit.

Versuchsreihe Nr.	Belastung beim Biegen		Drahtring Nr.	Anzahl der Biegungen bis zum Bruch beim Biegen nach folgenden Krümmungshalbmessern					
	Gesammt kg	kg/qmm		200	150	100	50	25	10
12	56	17,8	1	213	164	82	55	17	14
37			2	260	171	90	69	29	10
Mittel			—	**237**	**168**	**86**	**62**	**23**	**12**
16	40	12,7	1	1502	479	189	105	26	4
36			2	3081	144	99	99	18	14
Mittel			—	**2292**	**312**	**144**	**102**	**22**	**9**
15	24	7,6	1	5668	3058	855	335	47	24
33			2	6413	3077	1102	266	54	25
52			1	4754	3151	—	—	—	—
Mittel			—	**5612**	**3095**	**[979]**	**[301]**	**[51]**	**[25]**
14	12	3,8	1	5310	2352	1610	746	185	80
35			2	5148	2906	1497	674	197	75
Mittel			—	**5229**	**2629**	**1554**	**710**	**191**	**78**
13	6	1,9	1	7360	3091	1993	1290	550	480
34			2	5748	3452	1805	948	581	422
Mittel			—	**6554**	**3272**	**1899**	**1119**	**566**	**451**
17	3	1,0	1	6452	3056	2982	1858	1498	1297
32			2	7911	3404	2302	1616	1880	1463
Mittel			—	**7182**	**3230**	**2642**	**1737**	**1689**	**1380**
18	1	0,3	1	14707	10876	9126	5496	5446	4716
38			2	16332	7591	10173	6609	6313	5662
Mittel			—	**15520**	**9234**	**9650**	**6053**	**5880**	**5189**
Ausgeglichene Mittelwerthe		17,8	—	240	160	90	40	20	10
		12,7	—	2292	312	144	100	22	10
		7,6	—	5200	2600	1000	300	51	25
		3,8	—	5600	3100	1550	600	200	78
		1,9	—	6200	3600	1950	950	600	450
		1,0	—	7200	4300	2700	1800	1550	1400
		0,3	—	15000	11000	8200	6300	5600	5200

B. Seildraht von 59,1 kg/qmm Zugfestigkeit.

22	26	8,3	1	4160	1820	1134	251	42	20
42			2	4948	2259	1061	429	44	14
Mittel			—	**4554**	**2040**	**1098**	**340**	**43**	**17**
21	16	5,1	1	4384	1884	1260	637	111	33
41			2	4872	2069	1217	712	138	49
Mittel			—	**4628**	**1977**	**1239**	**675**	**125**	**41**
20	8	2,5	1	5434	2959	1365	823	401	221
40			2	7485	2660	1368	647	505	287
54			1	6060	—	—	—	—	—
Mittel			—	**6326**	**[2810]**	**[1367]**	**[735]**	**[453]**	**[254]**
19	4	1,3	1	5532	4479	2701	1101	761	805
39			2	12815	3249	2418	1310	848	810
53			1	5834	—	—	—	—	—
Mittel			—	**8060**	**[3864]**	**[2560]**	**[1206]**	**[805]**	**[808]**
Ausgeglichene Mittelwerthe		8,3	—	4500	2000	1000	300	43	17
		5,1	—	4650	2150	1180	500	125	41
		2,5	—	6326	2810	1370	740	450	250
		1,3	—	8060	4100	2300	1200	900	750

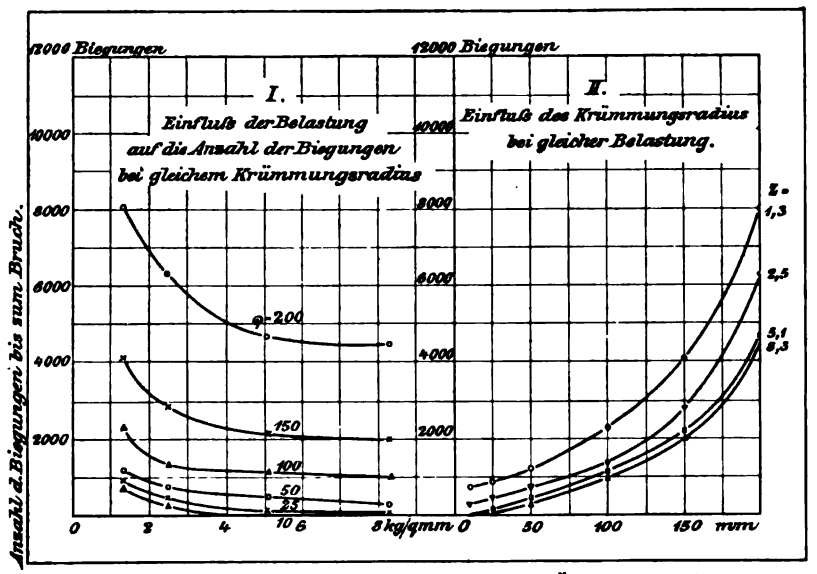
C. Seildraht von 92,1 kg/qmm Zugfestigkeit.

Versuchsreihe Nr.	Belastung beim Biegen Gesammt kg	Belastung beim Biegen kg/qmm	Drahtring Nr.	Anzahl der Biegungen bis zum Bruch beim Biegen nach folgenden Krümmungshalbmessern 200	150	100	50	25	10
26	42	13,4	1	4169	2398	848	362	191	16
46			2	4942	1613	668	380	156	34
Mittel			—	**4556**	**2006**	**758**	**371**	**174**	**25**
25	25	8,0	1	6330	2675	805	330	195	108
45			2	6577	1885	810	324	248	135
Mittel			—	**6454**	**2280**	**808**	**327**	**222**	**122**
24	13	4,1	1	8475	2952	1554	859	607	523
44			2	4941	2096	1572	857	802	410
Mittel			—	**6708**	**2524**	**1563**	**858**	**705**	**467**
23	6	1,9	1	9043	6093	4343	2401	1944	1826
43			2	9125	5783	4772	1938	2056	1304
Mittel			—	**9084**	**5938**	**4558**	**2170**	**2000**	**1565**
Ausgeglichene Mittelwerthe		13,4	—	4560	2000	800	300	150	25
		8,0	—	5200	2300	950	350	220	122
		4,1	—	6600	2900	1560	850	650	500
		1,9	—	9080	5940	4000	2450	1900	1600

D. Seildraht von 117,1 kg/qmm Zugfestigkeit.

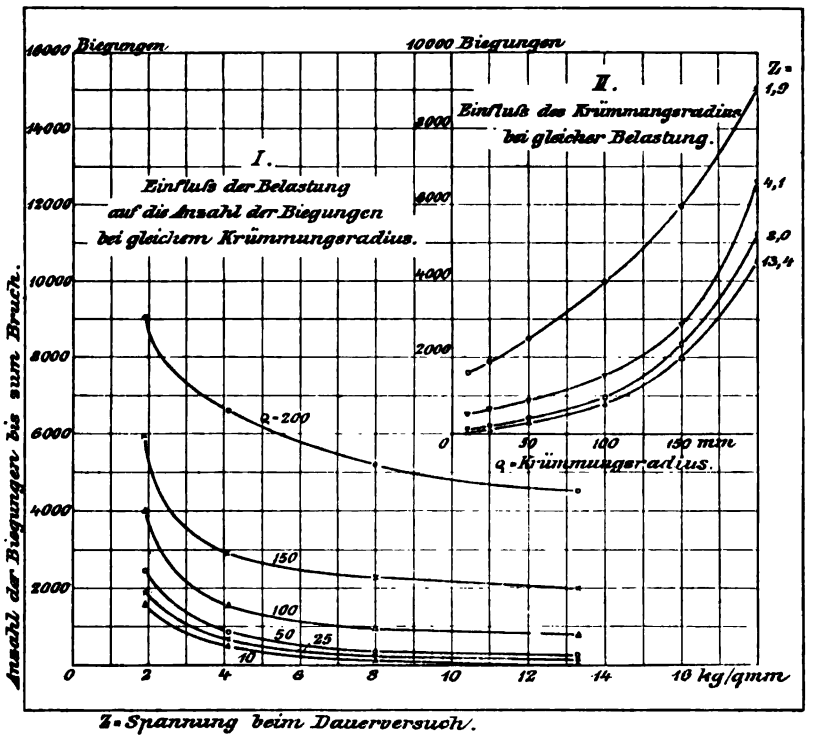
30	62	19,7	1	5173	2437	882	474	266	76
50			2	6311	2924	1184	513	158	75
Mittel			—	**5742**	**2681**	**1033**	**494**	**212**	**76**
29	37	11,8	1	6069	3217	1178	512	351	163
49			2	8209	3774	1450	579	458	264
Mittel			—	**7139**	**3496**	**1314**	**546**	**405**	**214**
28	18	5,7	1	8949	3873	1146	1125	692	650
48			2	8270	3742	2584	1425	871	562
Mittel			—	**8610**	**3808**	**1865**	**1275**	**782**	**606**
27	9	2,9	1	9953	4950	3460	2368	1567	1382
47			2	8992	7169	5087	2075	1837	1487
Mittel			—	**9478**	**6060**	**4274**	**2222**	**1702**	**1435**
31	3	1,0	1	23333	15866	16538	8053	9963	8177
51			2	27140	23901	24967	17859	15753	8817
55			2	26493	17584	20414	15667	10293	7997
Mittel			—	**25655**	**19117**	**20640**	**13860**	**12000**	**8330**
Ausgeglichene Mittelwerthe		19,7	—	5750	2680	1040	480	200	80
		11,8	—	7140	3500	1315	600	400	215
		5,7	—	8600	4800	1870	1050	780	600
		2,9	—	10000	6400	3800	2200	1700	1430
		1,0	—	26000	22000	18000	13860	12000	8350

haben die Anzahl der Biegungen, welche die Drähte bis zum Bruch ertrugen, zu Ordinaten. Als Abscissen sind aufgetragen bei den Gruppen I die Spannungen in kg/qmm, unter denen die Drähte beim Dauerversuch sich befanden, und bei den Gruppen II die



Z = Spannung beim Dauerversuch. q = Krümmungsradius.

Fig. 8. Dauerbiegeversuche mit Draht B.



Z = Spannung beim Dauerversuch.

Fig. 9. Dauerbiegeversuche mit Draht C.

Krümmungshalbmesser ϱ, nach denen die Biegungen ausgeführt wurden. Der Verlauf der Linien zeigt demnach die Abhängigkeit der Widerstandsfähigkeit der Drähte gegen wiederholte Biegungen und zwar bei den Gruppen I von der herrschenden Zugspannung bei gleichem

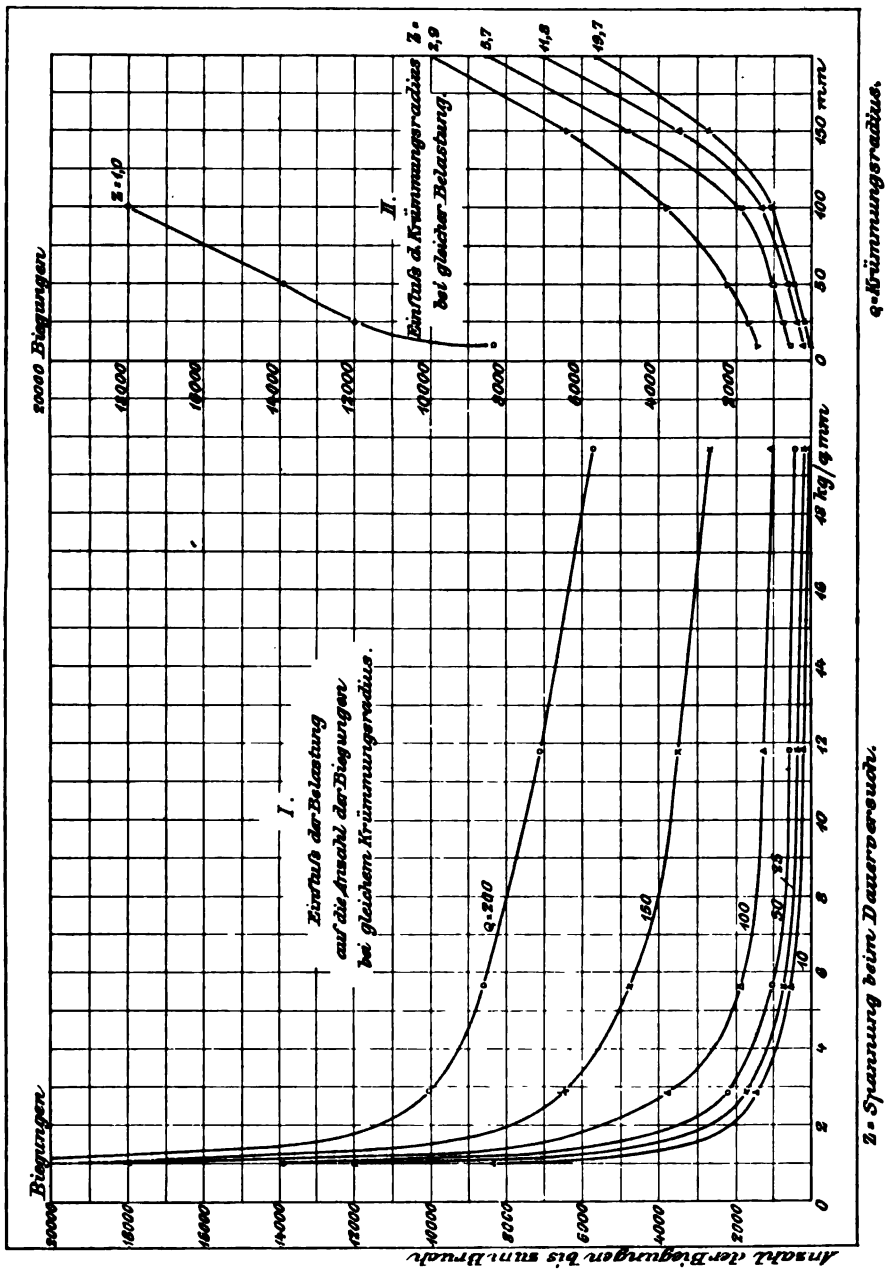


Fig. 10. Dauerbiegeversuche mit Draht D.

Krümmungshalbmesser und bei den Gruppen II von dem Krümmungshalbmesser bei gleicher Zugspannung. Die Krümmungshalbmesser, für welche die Linien der Gruppen I gelten, und die zu den Linien der Gruppen II gehörigen Spannungen Z sind neben den einzelnen Linien angegeben.

Die gruppenweisen Darstellungen Fig. 11 zeigen zunächst das Verhalten der vier Drahtsorten bei Biegungen unter verschieden großer Zugbelastung und zwar in derselben Gruppe bei gleichem Krümmungshalbmesser ϱ. Die Größe der Zugbelastungen in kg/qmm, bezogen auf den Querschnitt des Drahtes, ist durch die am rechten Ende neben den Linien niedergeschriebenen Zahlen gekennzeichnet.

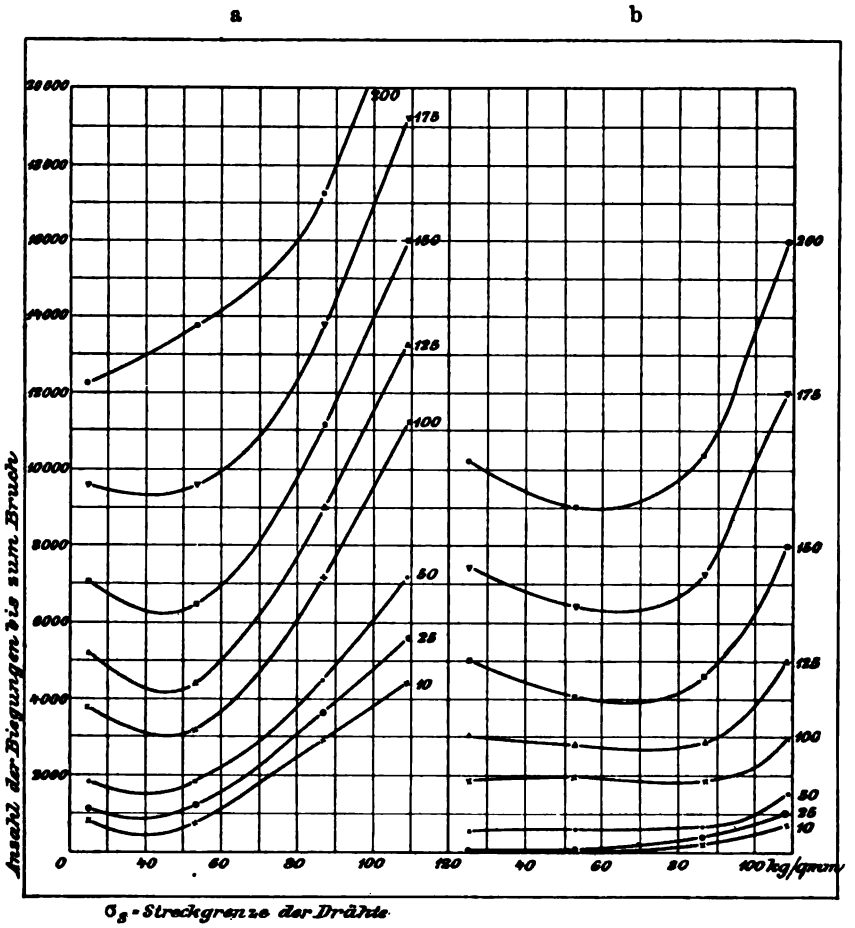


Fig. 12. Biegungszahlen für Drähte mit verschieden hoher Streckgrenze bei gleichem Biegungshalbmesser.

a. Zugbelastung beim Biegeversuch = 2 kg/qmm. b. Zugbelastung beim Biegeversuch = 8 kg/qmm.

In den drei Gruppen mit $\varrho = 10$, 25 und 50 mm zeigen die Linien für die Zugbelastung Z = 2 kg/qmm in ihrem Verlauf,

daß die Biegsamkeit der Drähte mit wachsender Festigkeit (σ_s) des Materials anfänglich abnimmt, aber dann erheblich zunimmt. Die Wendepunkte liegen bei $\sigma_s = 35$—40 kg/qmm. Die übrigen Linien verlaufen anfänglich parallel zur Abscissenachse und steigen dann ebenfalls an; und zwar tritt dies Ansteigen bei um so kleinerem σ_s ein, je geringer die Werthe für Z in derselben Gruppe und für ϱ bei den verschiedenen Gruppen sind.

In den drei anderen Gruppen mit $\varrho = 100$, 150 und 200 mm zeigen sämmtliche Linien zunächst einen Abfall mit zunehmendem σ_s. Die Wendepunkte der Linien, d. h. der Eintritt zunehmender Biegsamkeit der Drähte liegt auch in diesen Gruppen bei um so kleineren σ_s, je kleiner die Werthe für Z in derselben Gruppe sind.

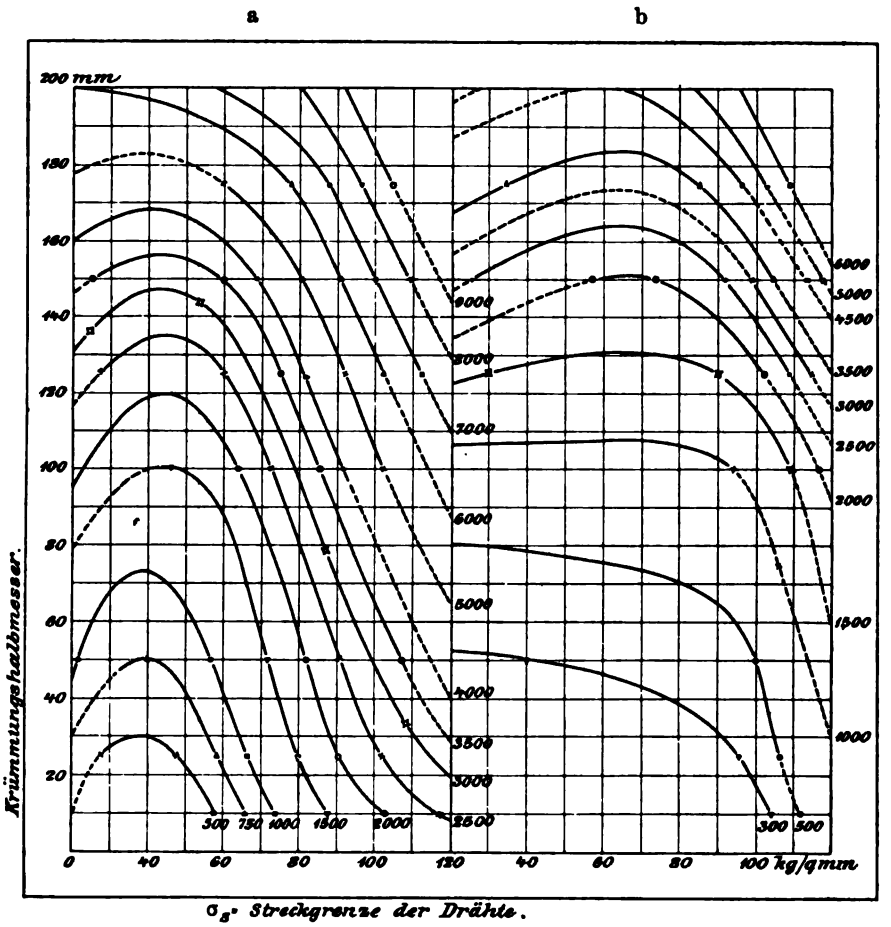


Fig. 13. Krümmungshalbmesser für gleiche Biegungszahlen bei Drähten mit verschieden hoher Streckgrenze.

a. Zugbelastung beim Biegeversuch = 2 kg/qmm. b. Zugbelastung beim Biegeversuch = 8 kg/qmm.

Diese im Einzelnen besprochenen Ergebnisse lassen sich dahin zusammenfassen, daß

die Widerstandsfähigkeit der Drähte gegen wiederholte Biegungen bei gleicher Größe der neben den Biegungsspannungen herrschenden Zugspannungen mit der Festigkeit des Materials, ausgedrückt durch die Spannung an der Streckgrenze, zunimmt, wenn letztere etwa 60—70 kg überschreitet. —

Um nun übersichtlicher, als es durch die gruppenweise Darstellung Fig. 11 möglich war, darzuthun, welchen Einfluß die Größe des Biegungshalbmessers und die Festigkeit (σ_s) des Materials gleichzeitig auf das Verhalten der Drähte bei wiederholten Biegungen ausüben,

sind die Schaulinien für 2 und 8 kg/qmm Zugbelastung aus den sechs Gruppen Fig. 11 nach Fig. 12a und b übertragen und durch die Linien für $\varrho = 125$ und 175 mm ergänzt[1]). Alsdann sind an Hand der Schaulinien Fig. 12a und b diejenigen Materialfestigkeiten (σ_s) ermittelt, welche bei Biegungen nach den verschiedenen Radien ϱ gleiche Biegungszahlen liefern. Die gesuchten Festigkeiten (σ_s) waren in den Abscissen derjenigen Punkte gegeben, welche in den Schaulinien Fig. 12 die betreffende Biegungszahl zur gemeinsamen Ordinate hatten. Die so abgegriffenen Spannungen sind in Fig. 13a und b als Abscissen zu den zugehörigen Krümmungshalbmessern aufgetragen und die erhaltenen Punkte durch kontinuirliche Linienzüge verbunden. Die letzteren stellen somit die Spurlinien dar, in denen horizontale Schnitte Flächen schneiden, deren einzelne Punkte die zusammengehörigen Krümmungshalbmesser Materialfestigkeiten und Biegungszahlen zu räumlichen Koordinaten haben und deren Vertikalschnitte durch die Linien Fig. 12a und b dargestellt sind. Die Lichtbilder Fig. 14 und 15

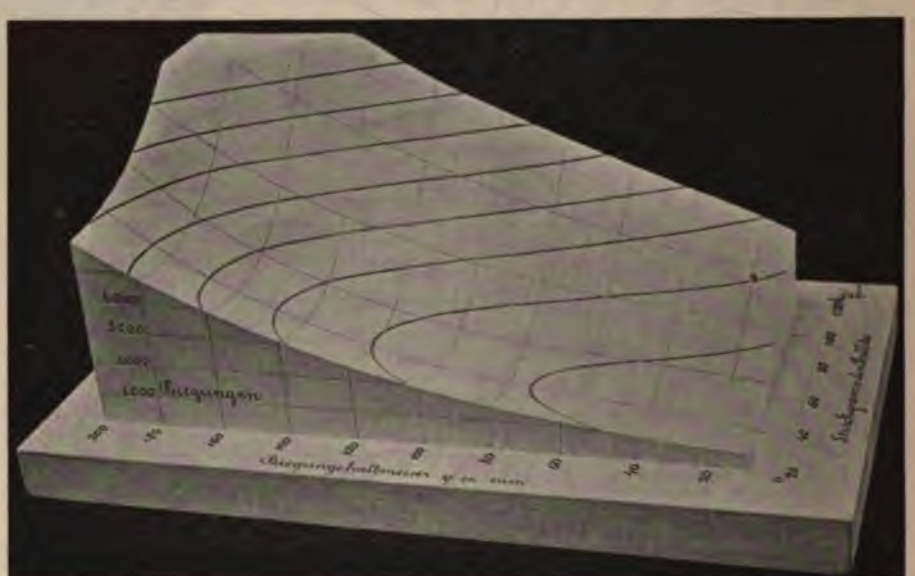


Fig. 14.

zeigen das Aussehen der in Rede stehenden Flächen. Sie sind erhalten, indem nach den Linien Fig. 12 und 13 Körper in Holz geformt wurden.

Aus dem Verlauf der Linien Fig. 13a und b und aus Fig. 14 und 15 ist ersichtlich,

daß das Gesetz der Abhängigkeit der Biegungszahl von dem Krümmungshalbmesser (ϱ) und von der Materialfestigkeit (σ_s) durch Flächen doppelter Krümmung dargestellt wird,

sofern die Anspannung der Drähte beim Biegeversuch zwischen 2 und 8 kg/qmm beträgt.

Beide Flächen steigen in der Richtung des wachsenden Krümmungshalbmessers an und zwar in den Darstellungen Fig. 13a und 14 steiler als in Fig. 13b und 15.

[1]) Hierzu sind aus den Schaulinien Gruppe I, Fig. 7—10 die Biegungszahlen für $\varrho = 10$, 25, 50, 100, 150 und 200 mm bei den Zugspannungen $Z = 2$ und 8 kg/qmm ermittelt, für sich zu Schaulinien aufgetragen, und an letzteren sind dann durch Interpolation die Biegungszahlen für $\varrho = 125$ und 175 mm erhalten.

Die Biegungsfähigkeit der Drähte nimmt also bei allen Härtenummern (σ_z) mit wachsendem Krümmungshalbmesser zu und zwar um so mehr, je kleiner die neben der Inanspruchnahme auf Biegung herrschende Zugspannung ist.

An der Einsenkung der Flächen parallel zu der die Krümmungshalbmesser darstellenden Ordinate erkennt man ferner, wie schon oben dargethan wurde,

daß das Material mit etwa 40 kg/qmm Streckgrenze bei Z = 2 kg/qmm und dasjenige mit etwa 65 kg/qmm Streckgrenze bei Z = 8 kg/qmm am wenigsten widerstandsfähig gegen wiederholte Biegungen sich erwiesen hat.

Die Einsenkung ist bei Fig. 14 wesentlich stärker und zugleich enger als bei Fig. 15. Hieraus folgert,

daß unter sonst gleichen Verhältnissen der Einfluß der Materialfestigkeit bei kleinen Zugbelastungen mehr hervortritt als bei größeren. —

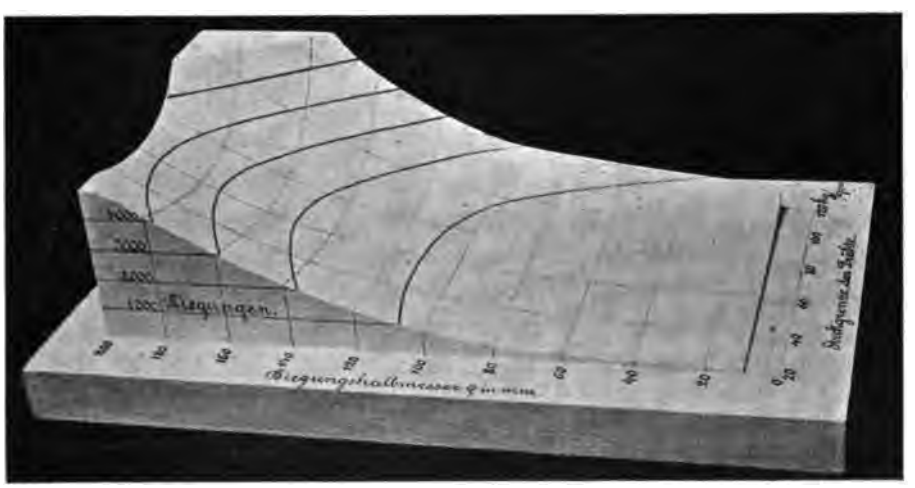


Fig. 15.

Um nun schließlich den Unterschied in der Biegungsfähigkeit der vier Drahtsorten unter gleichen Versuchsbedingungen (Krümmungshalbmesser und Zugspannung zahlenmäßig zum Ausdruck zu bringen und zugleich darzuthun, wie das härtere Material sich dem weicheren gegenüber bei Zugspannungen Z größer als 8 kg/qmm verhält, sind für die Biegungszahlen nach Tab. 3 Verhältnißzahlen gebildet. Hierbei wurden die Werthe für den Draht A gleich 100 gesetzt und immer die gleichartigen Werthe für die übrigen Drähte hiernach umgerechnet. Die erhaltenen Ergebnisse sind in Tab. 4 zusammengestellt. Sie zeigen, in ihrer Gesammtheit für die einzelnen Drahtsorten betrachtet, wieder deutlich die außerordentliche Ueberlegenheit des härtesten Drahtes D an Biegungsfähigkeit über die weicheren, und zwar besteht diese Ueberlegenheit in allen untersuchten Fällen; bei dem Draht C ist sie schon erheblich geringer und bei $\varrho = 150$ mm für Z = 4—8 kg/qmm überhaupt nicht mehr vorhanden; bei dem Draht B, dem weichsten nach A, finden sich aber schon ebensoviel Werthe unter 100 als über 100.

Tabelle 4. Verhältniß für die Biegungszahlen der verschiedenen Drähte bei gleicher Inanspruchnahme.

Drahtsorte	Ergebnisse der Festigkeitsversuche (Tab. 1)			Krümmungshalbmesser	Verhältnißzahlen für die folgenden Spannungen Z in kg/qmm								
	Zugfestigkeit kg/qmm	Anzahl der Biegungen	Anzahl der Verwindungen	mm	1	2	4	6	8	10	12	14	16
A	38,8	17	93	10—200	Sämmtliche Werthe gleich 100 gesetzt.								
B	59,1	11	78	10	—	95	128	92	87	—	—	—	—
				25	—	110	100	120	107	—	—	—	—
				50	—	100	103	103	112	—	—	—	—
				100	—	84	83	96	105	—	—	—	—
				150	—	92	73	75	81	—	—	—	—
				200	—	112	92	85	88	—	—	—	—
C	92,1	8	33	10	—	363	743	610	530	570	450	—	—
				25	—	330	380	500	490	670	780	—	—
				50	—	250	163	107	125	157	263	—	—
				100	—	189	110	104	100	146	356	—	—
				150	—	158	96	89	92	117	263	—	—
				200	—	140	119	109	102	116	177	—	—
D	117,1	11	36	10	597	550	1430	1550	1650	1930	2000	1620	1200
				25	774	510	680	930	1220	1530	1690	1570	1350
				50	770	400	290	240	282	335	517	705	1000
				100	670	297	179	155	158	214	520	1000	1150
				150	510	225	182	165	160	196	435	1170	1540
				200	360	187	166	159	157	181	272	515	1150

In Fig. 16 sind nun die Beziehungen zwischen den Zugspannungen Z (und zwar diesmal bis zu 16 kg/qmm) und den Verhältnißzahlen für die Drähte C und D bei Biegungen nach verschiedenen Radien ϱ durch Schaulinien dargestellt.

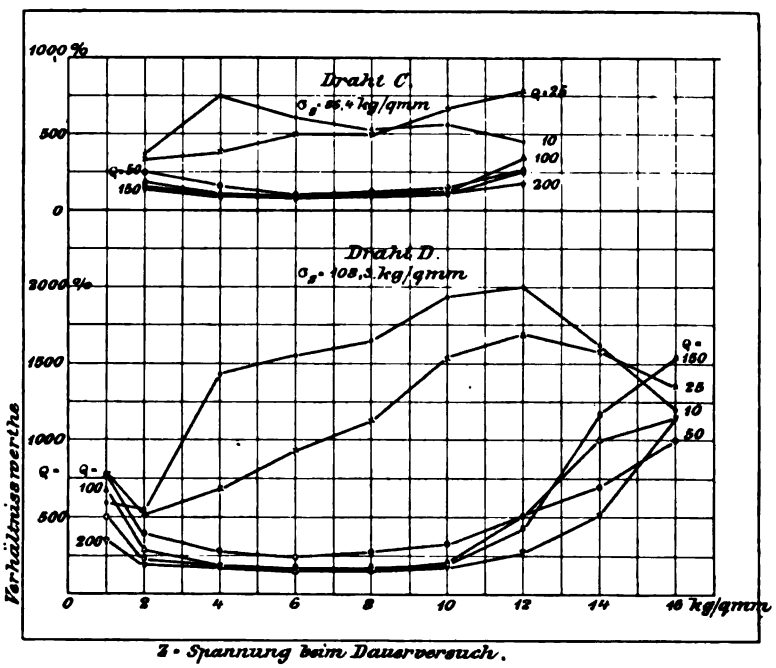


Fig. 16. Verhältniß der Biegungsfähigkeit der Drähte C und D zur Biegungsfähigkeit des Drahtes A.

Aus dem Verlauf dieser Linien ergiebt sich,

daß die Ueberlegenheit des härtesten Drahtes D an Biegungsfähigkeit bei Biegungen nach den kleinsten Halbmessern ($\varrho = 10$ und 25) mit Zunahme der gleichzeitig herrschenden Zugspannung bis zu Z = 12 kg/qmm beständig im Wachsen begriffen ist, dann aber mit weiterem Anwachsen von Z bis zu 16 kg/qmm wieder zurückgeht. Bei Biegungen nach größeren Halbmessern (50—200 mm) zeigt sich das umgekehrte Verhalten. Die Ueberlegenheit des härteren Materiales an Biegungsfähigkeit ist bei diesen weniger starken Biegungen an sich im Allgemeinen erheblich geringer, nimmt außerdem mit wachsendem Z bis zu 6 kg/qmm zunächst noch ab, steigt aber mit Ueberschreitung von Z = 10 kg/qmm stark an, so daß es bei Z = 16 kg/qmm bei den geringen Biegungen ebenso groß ist als bei den stärkeren.

Zur Erklärung dieser auffallenden Erscheinungen wird man folgende Umstände in Betracht zu ziehen haben. —

Beim wiederholten Hin- und Herbiegen der Drähte wird deren Material zu beiden Seiten der neutralen Faserschicht, die zur Biegungsrichtung senkrecht steht, abwechselnd auf Zug und Druck beansprucht. Nun zeigen alle derartigen Biegeproben und auch solche mit Blechstreifen, daß der erste Anbruch der Probe an der gerade auf Zug beanspruchten Seite entsteht. Somit kann unter den beiden bei dem Hin- und Herbiegeversuch auftretenden Spannungen die Zugspannung als die für die Dauerhaftigkeit der Probe gefährlichere angesehen werden. Der Druckspannung ist nur ein sekundärer Einfluß auf die Biegungsfähigkeit der Probe insofern zuzuschreiben, als das Material ebenso wie durch die wiederholte Dehnung auf der Zugseite auch durch die Stauchungen auf der Druckseite Veränderungen seiner ursprünglichen Eigenschaften erleidet. Diese Aenderungen gereichen aber der Widerstandsfähigkeit des Materials gegen die dem Druck folgende Inanspruchnahme auf Zug zum Nachtheil, indem die Festigkeit des Materials zunimmt und seine Dehnbarkeit abnimmt. Die Größe dieser Veränderungen entzieht sich der Betrachtung, da einschlägige Versuche über diesen Gegenstand bislang fehlen.

Die Dehnung λ, welche die bei der Biegeprobe am meisten gespannte Faserschicht erleidet, ergiebt sich, wenn

ϱ_n den Krümmungshalbmesser der Achse und

ϱ_a „ „ der äußersten Faserschicht

bedeuten, zu

$$\lambda = \frac{\varrho_a - \varrho_n}{\varrho_n} 100$$

ausgedrückt in Prozenten der ursprünglichen Länge.

Bei den vorliegenden Versuchen an Drähten mit 2 mm Durchmesser ist $\varrho_a - \varrho_n = 1$ und demnach

$$\lambda = \frac{100}{\varrho_n} = \frac{100}{\varrho + 1},$$

wenn ϱ den Krümmungshalbmesser bedeutet, nach dem der Draht gebogen ist.

Hierbei ist allerdings angenommen, daß die neutrale Faserschicht bei der Biegeprobe in allen Fällen durch die Achse des Drahtes geht. In Wirklichkeit wird diese Annahme besonders

bei den Biegungen nach den kleinsten Krümmungshalbmessern nicht zutreffen. Die neutrale Faserschicht wird vielmehr aus der Achse heraus und nach der gedrückten Seite hin rücken. Bei dem geringen Durchmesser der Drähte von nur 2 mm dürfte indessen diese Wanderung der neutralen Faserschicht nicht bedeutend sein, so daß man sie ohne erheblichen Nachtheil für die Richtigkeit der nach obiger Gleichung berechneten Dehnung der meist gezogenen Faser vernachlässigen kann.

Führt man die Berechnungen von λ aus, indem man die bei den Versuchen angewendeten Werthe für ϱ in die Gleichung $\lambda = \frac{100}{\varrho + 1}$ einführt, so ergiebt sich

für die Krümmungshalbmesser $\varrho = 10,\ 25,\ 50,\ 100,\ 150,\ 200$ mm
die prozentuelle Dehnung $\lambda = 9{,}1,\ 3{,}8,\ 1{,}96,\ 0{,}99,\ 0{,}66,\ 0{,}50$ %.

Die mittleren Dehnungen, welche bei den Zugversuchen für die letzten Laststufen, d. h. kurz vor dem Bruch gefunden wurden, betrugen bei A: 10,8 %, bei B: 2,4 %, bei C: 0,7 % und bei D: 1,0 %. Diese Werthe liegen bei den Drähten B—D weit unter der größten Dehnung, welche die Drähte beim Biegen nach dem Krümmungshalbmesser $\varrho = 10$ mm ertragen müssen. Daß sie dies trotzdem wiederholt vermochten, liegt in Folgendem. Beim Zerreißversuch wurde die Dehnung auf 300 mm Länge gemessen und zwar im äußersten Falle nur bis zum Beginn der Einschnürung. Würde die Dehnung nach dem Bruch und zwar über die Bruchstelle fort gemessen sein, so wären auch bei den Zugversuchen höhere Dehnungswerthe erzielt. Immerhin würden diese aber weit hinter 9,1 % zurückgeblieben sein, weil der Betrag der Dehnung, der auf die örtliche Einschnürung entfällt und an sich das Maß der größten Dehnbarkeit des Materials darstellt, die Gesammtdehnung bei der verhältnißmäßig großen Meßlänge von 300 mm nur wenig beeinflussen kann. Die Dehnung, welche beim Biegeversuch erzeugt und geleistet werden muß, vertheilt sich gleichmäßig über den ganzen Bereich der Biegung, und zwar kann innerhalb dieser Länge die größte Dehnbarkeit des Materials, welche beim Zerreißversuch nur an der Einschnürungsstelle erreicht wird, nahezu voll ausgenutzt werden, bevor der Bruch der gebogenen Probe eintritt.

Nachdem nun in dem Vorstehenden die Gründe dargelegt sind, aus denen die Drähte beim Biegeversuch Dehnungen zu ertragen vermochten, die beim Zerreißversuch bei Weitem nicht erreicht wurden, bleibt noch zu erklären, weshalb gerade diejenigen Drähte, die beim Zerreißen die geringste Dehnung gezeigt hatten, am besten befähigt waren, wiederholte Biegungen zu ertragen.

Der Umstand, daß die Drähte sämmtlich erst nach einer gewissen Anzahl von Biegungen zum Bruch gingen, während sie die erste Biegung selbst nach dem kleinsten Radius ohne Anzeichen der Zerstörung ertrugen, beweist, daß die Eigenschaften des Materials durch das Hin- und Herbiegen allmählich verändert wurden. Aus den Versuchen von Bauschinger u. A. ist nun bekannt, daß solche Veränderungen erst mit Ueberschreitung der Elasticitätsgrenze beginnen und um so größer sind, je größer die Formänderung war, welche die Probe erlitt, oder je weiter die ursprüngliche Streckgrenze des Materials überschritten wurde. Nimmt man zunächst an, daß die Drähte aller vier Sorten sich in der Dauerbiegemaschine satt an die Krümmungsoberflächen der schwingenden Backen anlegten, so mußte die Gesammtformänderung bei allen nach dem gleichen Radius gebogenen Drähten die gleiche gewesen sein. Es fragt sich daher nur, ob die Streckgrenze bei allen überschritten wurde und in welchem Grade? Da leuchtet es denn ohne Weiteres ein, daß die Drähte mit höherer ursprünglicher Streckgrenze günstiger beansprucht waren, weil sie bei gleicher Dehnungszahl bis zur Erreichung

der Streckgrenze sich mehr dehnten, also auch die Biegungen besser ertragen konnten. In dieser Beziehung war somit der Draht D am günstigsten gestellt. Trotzdem erlitt auch dieser Draht selbst bei der Biegung nach 200 mm Halbmesser noch bleibende Formänderung, denn beim Biegen der Drähte von Hand um die nach 200 mm Halbmesser abgerundeten Backen ohne gleichzeitige Anwendung von Zugbelastung federte auch der Draht D nicht wieder vollständig in den ursprünglich geraden Zustand zurück; wohl aber war seine bleibende Verbiegung erheblich geringer als bei den übrigen drei Drähten, von denen A die größte bleibende Verbiegung zeigte.

Um nun weiter festzustellen, ob etwa die wiederholten Biegungen bleibende Streckungen der Drähte verursachten, und ob diese Streckungen bei den verschiedenen Drahtsorten verschieden ausfielen, so daß hierin eine Begründung für das abweichende Verhalten der 4 Drahtsorten gefunden werden konnte, stellte ich einige Versuchsreihen an, bei denen die Drähte vorher von 50 zu 50 mm mit Theilmarken versehen waren. Diese Versuche ergaben,

daß nur die Proben der Sorte A bei dem Hin- und Herbiegen Streckungen erfuhren, während die anderen Drähte ohne meßbare bleibende Dehnungen brachen.

Die angewendeten Zugspannungen betrugen bei den Drähten A und D 2,0 und 8,0 kg/qmm und bei dem Draht B 2,0 kg/qmm. Die für den Draht A erhaltenen Ergebnisse sind in Tab. 5 zusammengestellt. Sie zeigen,

Tabelle 5. **Dauerbiegeversuche mit Bestimmung der Dehnung der Drähte.**

Drahtsorte	Versuch Nr.	Zugbelastung		Biegungshalbmesser ϱ	Anzahl der Biegungen bis zum Bruch	Länge der Markenabstände von ursprünglich 50 mm			Dehnung auf je 50 mm, gemessen in %		
		Gesammt kg	Spannung kg/qmm	mm		oberhalb des Bruches	die Bruchstelle umfassend	unterhalb des Bruches	oberhalb des Bruches	die Bruchstelle umfassend	unterhalb des Bruches
A	1	6,28	2,0	10	246	50,0	51,2	50,0	0,0	2,4	0,0
	2			50	412	50,0	50,8	50,0	0,0	1,6	0,0
	3			150	2225	50,0	50,0	50,0	0,0	0,0	0,0
	4	25,12	8,0	25	84	50,0	56,9	50,3	0,0	13,8	0,6
	5			100	573	50,0	55,7	53,6	0,0	11,4	7,2
	6			200	3413	50,0	53,2	51,0	0,0	6,4	2,0

1. daß die Dehnung bei beiden Belastungen um so größer war, je kleiner der Biegungshalbmesser ϱ gewählt wurde,
2. daß die größere Zugbelastung größere Streckung der Drähte beim Biegen verursachte und
3. daß die Streckung bei der geringeren Zugbelastung sich nur auf denjenigen Theil des Drahtes von ursprünglich 50 mm Länge erstreckte, der die Bruchstelle umfaßte, während bei der größeren Zugbelastung auch der nächste ursprünglich 50 mm lange Theil unterhalb der Bruchstelle gedehnt war.

Die Erzielung wachsender Dehnung mit abnehmendem Biegungshalbmesser ist durch die auf Seite 155 gegebene Berechnung der Streckung der äußersten Faserschichten bei nach verschiedenen Krümmungshalbmessern gebogenen Drähten ohne Weiteres erklärt.

Die Beobachtung unter 2, nach welcher die Dehnung beim Biegen mit der Belastung zunahm, obgleich letztere weit unterhalb der Streckgrenze des Drahtes lag, ist wie

folgt zu erklären. Unter der Voraussetzung gleichen Widerstandes des Materials gegen Zug und Druck verläuft die Vertheilung der lediglich durch Biegung verursachten Spannungen bekanntlich derart, daß in gleichen Entfernungen von der mittelsten Faserschicht die Druckspannungen auf der einen Seite ebenso groß sind wie die Zugspannungen auf der anderen. Durch Hinzutritt der Inanspruchnahme auf Zug wird die Summe der Druckspannungen in dem gebogenen Draht vermindert und die Summe der Zugspannungen vermehrt. Die Dehnung der Probe unter der Belastung muß also beim Biegen um so größer werden, je größer die gleichzeitig herrschenden Zugbelastungen waren. Daß aber auch die bleibenden Dehnungen schon durch Zugbelastungen vergrößert wurden, die weit unterhalb der Streckgrenze der Drähte lagen, hat seinen Grund in der ungleichmäßigen Vertheilung der Zugbelastung über den Querschnitt des gebogenen Drahtes.

Die in der Längsrichtung auf die Probe ausgeübten Zugbelastungen müssen in allen Theilen des Querschnittes gleiche Dehnungen erzeugen. Die Vertheilung der Zugbelastung über den Querschnitt hängt daher ab von dem Widerstande, den die einzelnen Theile des Querschnittes bei gleicher Dehnung entwickeln. In dem gebogenen Draht sind diese Widerstände aber aus folgendem Grunde sehr verschieden.

Wie eben bereits hervorgehoben ist, erlitten die Drähte beim Biegen sogar nach dem größten der bei den Versuchen angewendeten Krümmungshalbmesser bleibende Verbiegungen. Dies beweist, daß die Elastizitätsgrenze des Materials schon durch das bloße Biegen überschritten wurde. Wegen stetiger Abnahme der Biegungsspannungen von der äußersten Faserschicht her nach der neutralen Schicht hin, erstreckte sich die Ueberschreitung der Elastizitätsgrenze aber nicht gleichmäßig über den ganzen Querschnitt, sondern nahm wie die Spannungen nach der neutralen Faserschicht hin ab bis zu derjenigen Schicht, in welcher die Spannung gerade die Elastizitätsgrenze erreichte. Nun ist aber erfahrungsgemäß bei einem und demselben Material die Dehnung innerhalb gleicher Längen und für gleiche Spannungszunahme nach Ueberschreitung der Elastizitätsgrenze größer als innerhalb der letzteren. Daher setzten also die schon beim Biegen bis über die Elastizitätsgrenze hinaus beanspruchten Schichten des Drahtes der gleichen Dehnung geringeren Widerstand entgegen als die der neutralen Faserschicht näher gelegenen. Die auf den gebogenen Draht ausgeübte Zugbelastung mußte sich somit ungleichmäßig über den Querschnitt vertheilen. Wenn sie daher in der Hauptsache von einem geringen Theil des Querschnittes aufzunehmen war, so konnte sie wohl eine bleibende Dehnung der gebogenen Probe veranlassen, obgleich sie weit unter der Streckgrenze lag, die für den geraden Draht beobachtet war.

Wie aus dem Verlauf der Dehnungen Tab. 1 und aus den hiernach verzeichneten Schaulinien Fig. 17 zu ersehen ist, zeigt nur der Draht A ein ausgeprägtes Fließen, d. h. mit Ueberschreitung seiner Streckgrenze muß er sich zunächst um ein beträchtliches Maaß dehnen, bevor er eine weitere Steigerung der Spannung zuläßt. Bei den anderen Drähten fand ein derartiges Fließen nicht statt. Ferner war die Dehnung bis zur Erreichung der Streckgrenze bei dem Draht A erheblich geringer (0,13 %) als bei den anderen (0,6—0,7 %). Beide Umstände mußten veranlassen, daß die Vertheilung der Zugbelastung über den Querschnitt des Drahtes A wesentlich ungleichmäßiger war als bei den übrigen Drähten. Demnach mußten auch gleiche Zugbelastungen bei gleich starken Biegungen den Draht A mehr strecken als die übrigen.

Am auffallendsten ist die oben unter 3 zusammengefaßte Beobachtung, nach welcher die Dehnung sich nur bei der höheren Zugbelastung über eine größere Länge des Drahtes

erstreckte. Sie dürfte indessen damit erklärt werden können, daß die Steifigkeit des Drahtes bei der geübten Versuchsweise in sofern eine Rolle spielte, als die Probe bei geringer Zugbelastung sich nicht satt an die Krümmungsoberflächen anlegte, sich vielmehr nach einem größeren Krümmungshalbmesser bog und daher in Folge geringerer Biegung auch weniger gedehnt wurde als die durch höhere Zugbelastung zum satten Anliegen gezwungene und daher stärker gebogene Probe. Daß nun schließlich letztere innerhalb der zweiten 50 mm Meßlänge weniger Dehnung zeigte als innerhalb der den Bruch umfassenden Länge von 50 mm (s. Tab. 5), dürfte darin seinen Grund haben, daß die zweiten 50 mm nicht mehr ganz in den Bereich der Biegung hineinfielen.

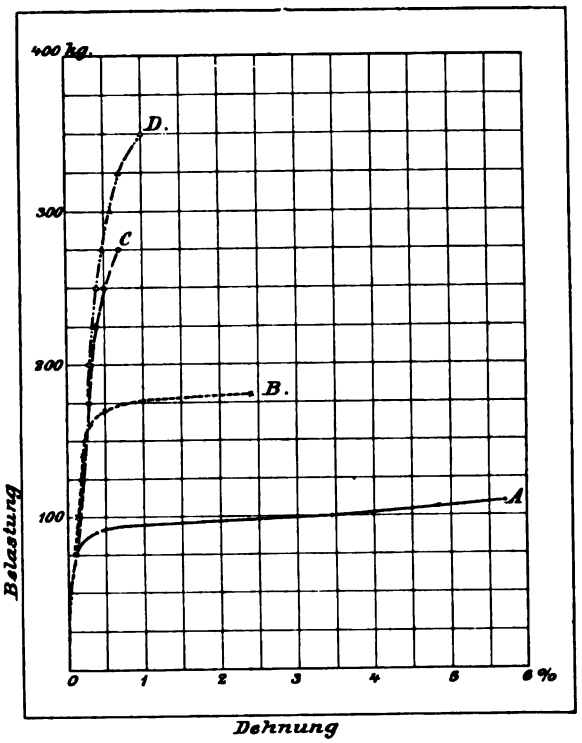


Fig. 17. Schaulinien aus den Zugversuchen mit den Drähten.

Um den Abschluß dieses Berichtes nicht noch weiter hinauszuschieben, mußte ich davon Abstand nehmen, die im Vorstehenden ausgesprochenen Ansichten durch besondere Versuche zu begründen. Trifft aber die Annahme von dem Einfluß der Steifigkeit des Drahtes auf den Verlauf der Verbiegung zu, so würde hierin ein weiterer Grund dafür zu finden sein, daß die härteren Drähte mehr Biegungen ertrugen als die weicheren. Die Steifigkeit der ersteren war eben eine größere und daher konnten sie bei gleichen Belastungen leichter und unabhängig von den Abrundungen der Backen, zwischen denen sie eingespannt waren, nach größerem Krümmungshalbmesser sich biegen als die Drähte mit geringerer Steifigkeit.

Das im Vorstehenden besprochene verschiedenartige Verhalten der Drähte mit verschiedenen Festigkeitseigenschaften dürfte die Begründung dafür liefern, daß Seile aus weniger festem aber dehnbarerem Material im Betriebe geringere Dauerhaftigkeit zu zeigen pflegen als Seile aus härteren Drähten. Da indessen zu erwarten steht, daß bei zunehmender Materialfestigkeit deren Vortheile schließlich gegen die Nachtheile wachsender Sprödigkeit zurücktreten, so wäre es von großem Interesse gewesen, die Versuche auch auf Material von noch höherer Festigkeit als die der Sorte D auszudehnen, um festzustellen, bei welchen Festigkeitseigenschaften die erwartete Umkehr in der Dauerhaftigkeit der Drähte bei wiederholten Biegungen eintritt.

c) Zugversuche mit zusammengedrehten Drähten (Litzen).

Die Ergebnisse der Zugversuche mit den aus mehreren zusammengedrehten Drähten bestehenden Proben, den Litzen, sind in Tab. 6 und 7 zusammengestellt. Tab. 6 enthält sämmtliche Einzelwerthe. In Tab. 7 sind nur die Mittel aus den je 10 gleichartigen Einzel-

Tabelle 6. Zugversuche

Zweidrähtige Proben

Gesammtquerschnitt der Drähte

Angaben über die Herstellung				Länge von 10 Duchten in mm			Anzahl der Duchten auf 500 mm Länge	Ganze Länge in mm	Gewicht pro Meter in kg	Bruchlast in kg	
Zeichen der		Drähte, entnommen aus Ring	Länge des Stichmaßes beim Drehen	größte	kleinste	mittlere				Gesammt	pro qmm
Probe	Versuchsreihe										
1	a	I und II	—	38	30	35	143	602	0,0625	230	36,6
2				44	30	36	139	606	0,0622	228	36,3
3				42	32	36	142	604	0,0624	230	36,6
4				46	34	42	121	606	0,0588	250	39,8
5				55	41	47	113	606	0,0573	235	37,4
6				55	45	50	103	608	0,0561	256	40,8
7				59	47	53	96	610	0,0559	254	40,4
		Mittel		48	37	43	122	—	0,0593	—	38,3
1	b	I	29	76	71	74	68	602	0,0530	275	43,8
2				75	71	73	70	603	0,0529	270	43,0
3				77	72	74	68	603	0,0529	274	43,6
4		II		75	68	72	70	604	0,0530	274	43,6
5				77	73	75	67	605	0,0529	276	43,9
6				79	74	77	65	605	0,0528	276	43,9
		Mittel		77	72	74	68	—	0,0529	—	43,6
1	c	I	40	75	59	64	80	603	0,0539	270	43,0
2				107	103	104	48,5	608	0,0513	280	44,6
3				114	102	110	45,5	606	0,0515	276	43,9
4		II		114	110	113	44,5	607	0,0514	274	43,6
5				98	89	92	55	606	0,0515	284	45,2
6				109	100	106	46,5	606	0,0515	276	43,9
		Mittel		103	94	98	53	—	0,0519	—	44,0
1	d	I III	57	130	125	126	40	602	0,0505	280	44,6
2				147	133	141	36	601	0,0507	274	43,6
3				136	125	129	39	600	0,0507	274	43,6
4				136	128	131	38,5	602	0,0507	272	43,3
5				138	135	137	37	602	0,0505	274	43,6
6				139	131	134	37	602	0,0507	272	43,3
7				141	131	136	37	603	0,0507	272	43,3
		Mittel		138	130	133	38	—	0,0506	—	43,6

Dreidrähtige Proben

Gesammtquerschnitt der Drähte

Angaben über die Herstellung				Länge von 10 Duchten in mm			Anzahl der Duchten auf 500 mm Länge	Ganze Länge in mm	Gewicht pro Meter in kg	Bruchlast in kg	
Zeichen der		Drähte, entnommen aus Ring	Länge des Stichmaßes beim Drehen	größte	kleinste	mittlere				Gesammt	pro qmm
Probe	Versuchsreihe										
1	a	III IV V	17	36	32	34	149	600	0,0904	365	38,7
2				38	30	34	148	609	0,0895	360	38,2
3				37	30	33	152	601	0,0915	360	38,2
4				39	33	35	146	602	0,0903	355	37,7
5				35	32	34	148	600	0,0904	370	39,3
		Mittel		37	31	34	149	—	0,0904	—	38,4
1	b	III IV V	40	69	67	68	75	604	0,0778	415	44,1
2				71	65	68	75	604	0,0773	415	44,1
3				69	66	68	76	606	0,0782	410	43,5
4				68	65	67	74	601	0,0777	410	43,5
5				68	66	67	—	603	0,0776	410	43,5
		Mittel		69	66	68	75	—	0,0777	—	43,7

mit den Litzen.

aus Material A.

$= 3{,}14 \cdot 2 = 6{,}3$ qmm.

Dehnungen in % bei folgenden Belastungen in kg							Bemerkungen
50	100	150	175	200	225	250	
0,1	0,3	1,0	2,0	5,0	14,7	—	Beide Drähte bei Nr. 1—5 gleichzeitig gerissen, bei Nr. 6 und 7 rissen die Drähte nach einander.
0,2	0,5	1,1	2,6	7,7	16,0	—	
0,1	0,4	1,0	2,0	6,2	15,2	—	
0,2	0,4	0,8	0,6	—	—	—	
0,1	0,2	0,4					
0,1	0,3	0,6	1,4	2,5	5,0	—	
0,0	0,2	0,6	1,0	2,0	4,3	—	
0,1	0,3	0,5	—	1,3	2,6	—	
0,1	**0,3**	**0,8**	**1,6**	**4,1**	**9,6**	—	
—	—	0,4	0,4	0,6	—	—	Die Drähte rissen bei allen 6 Versuchen nach einander, bei Nr. 4 in der Einspannvorrichtung.
—	—	0,4	0,5	0,7	—	—	
—	—	0,4	0,5	0,7	—	—	
—	—	—	—	0,7	1,3	—	
0,1	0,2	0,3	—	0,7	1,2	3,5	
0,1	0,1	0,2	0,3	0,5	1,3	—	
0,1	**0,2**	**0,3**	**0,4**	**0,7**	**1,3**	**3,5**	
0,1	0,3	0,4	0,5	0,8	1,5	—	Die Drähte rissen bei Nr. 1, 4 und 5 gleichzeitig, bei Nr. 2, 3 und 6 nach einander und bei Nr. 1 in der Einspannvorrichtung.
0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	1,3	3,7	
0,1	0,2	0,3	0,4	2,2	—	6,7	
0,1	0,2	0,4	0,5	0,8	2,3	4,7	
0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,5	1,7	
0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	1,7	4,7	
0,1	**0,2**	**0,3**	**0,4**	**0,9**	**1,5**	**4,3**	
0,0	0,1	0,1	—	0,3	1,0	2,8	Die Drähte rissen bei Nr. 1 und 7 gleichzeitig, bei Nr. 2—6 nach einander.
0,0	0,1	0,2	0,3	0,7	2,4	5,5	
0,1	0,2	0,3	0,3	0,5	2,3	6,5	
0,0	0,1	0,3	0,3	0,5	2,2	5,1	
0,1	0,2	0,3	0,3	0,5	2,5	6,7	
0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	2,5	5,3	
0,1	0,1	0,2	0,3	0,5	2,5	5,3	
0,0	**0,1**	**0,2**	**0,3**	**0,5**	**2,2**	**5,3**	

aus Material A.

$= 3{,}14 \cdot 3 = 9{,}4$ qmm.

Dehnungen in % bei folgenden Belastungen in kg												Bemerkungen
50	100	150	200	225	250	275	300	325	350	375	400	
0,1	0,4	1,1	1,9	2,4	3,2	4,3	5,8	8,0	—	—	—	Bei Nr. 1, 2 und 4 drei Drähte, bei Nr. 3 und 5 zwei Drähte gleichzeitig gerissen.
0,1	0,4	1,3	2,3	3,0	4,1	5,3	7,0	9,4	—	—	—	
0,1	0,4	1,2	2,0	2,6	3,4	4,4	6,0	8,2	—	—	—	
0,1	0,4	1,0	1,7	2,3	3,1	4,3	5,9	8,5	—	—	—	
0,1	0,4	1,1	1,8	2,3	3,1	4,1	5,6	7,7	—	—	—	
0,1	**0,4**	**1,1**	**1,9**	**2,5**	**3,4**	**4,5**	**6,1**	**8,4**	—	—	—	
—	0,0	—	0,1	—	0,2	0,3	0,3	0,5	1,5	3,3	—	Bei Nr. 1, 3 und 4 zwei Drähte gleichzeitig, bei Nr. 2 und 5 alle nach einander gerissen.
—	0,0	—	0,1	—	0,2	0,2	0,3	0,6	2,0	4,0	—	
—	0,1	—	0,2	—	0,2	0,3	0,4	1,0	2,5	4,6	7,9	
—	0,0	—	0,1	—	0,2	0,3	0,3	0,6	1,8	3,6	6,5	
—	0,0	—	0,1	—	0,2	0,3	0,3	0,5	1,8	3,7	6,5	
—	**0,0**	—	**0,1**	—	**0,2**	**0,3**	**0,3**	**0,6**	**1,9**	**3,8**	**7,0**	

Angaben über die Herstellung				Länge von 10 Duchten in mm			Anzahl der Duchten auf 500 mm Länge	Ganze Länge in mm	Gewicht pro Meter in kg	Bruchlast in kg	
Zeichen der		Drähte, entnommen aus Ring	Länge des Stichmaßes beim Drehen	größte	kleinste	mittlere				Gesammt	pro qmm
Probe	Versuchsreihe										
1	c	III	65	90	85	87	57	604	0,0759	405	43,0
2				86	83	85	59	610	0,0770	420	44,6
3		IV		86	82	84	60	605	0,0763	415	44,1
4				86	83	84	58	605	0,0767	415	44,1
5		V		87	83	85	58	610	0,0765	415	44,1
6				90	85	85	57	605	0,0759	—	—
		Mittel		**88**	**84**	**85**	**58**	—	**0,0764**	—	**44,0**
1	d	III	80	105	97	101	48	605	0,0768	405	43,0
2				104	100	102	50	600	0,0754	415	44,1
3		IV		95	94	94	55	606	0,0740	410	43,5
4				92	85	91	55	605	0,0759	415	44,1
5		V		113	103	108	43	602	0,0758	415	44,1
6				118	106	113	43	607	0,0750	415	44,1
		Mittel		**105**	**98**	**102**	**49**	—	**0,0755**	—	**43,8**

Vierdrähtige Proben

Gesammtquerschnitt der Drähte

Angaben über die Herstellung				Länge von 10 Duchten in mm			Anzahl der Duchten auf 500 mm Länge	Ganze Länge in mm	Gewicht pro Meter in kg	Bruchlast in kg	
Zeichen der		Drähte, entnommen aus Ring	Länge des Stichmaßes beim Drehen	größte	kleinste	mittlere				Gesammt	pro qmm
Probe	Versuchsreihe										
1	a	VI	23	47	46	46	110	596	0,1100	525	41,4
2		III		46	45	45	112	606	0,1100	525	41,4
3				48	45	46	110	605	0,1100	530	41,7
4		II		47	45	46	113	606	0,1100	530	41,7
5		I		50	47	48	115	603	0,1090	530	41,7
		Mittel		**48**	**46**	**46**	**112**	—	**0,1098**	—	**41,6**
1	b	VI	40	75	72	73	69	600	0,1030	525	41,4
2		III		74	65	69	65	606	0,1040	540	42,5
3				75	70	73	67	598	0,1040	545	42,8
4		II		81	76	79	63	594	0,1030	535	42,1
5		I		80	74	78	65	602	0,1040	540	42,5
		Mittel		**77**	**71**	**74**	**66**	—	**0,1036**	—	**42,3**
1	c	VI	65	104	97	99	51	605	0,1020	520	41,0
2		III		105	96	102	50	600	0,1020	520	41,0
3				100	94	97	53	604	0,1020	515	40,5
4		II		112	102	106	47	594	0,1020	515	40,5
5		I		120	105	110	46	603	0,1010	510	40,2
		Mittel		**108**	**99**	**103**	**49**	—	**0,1018**	—	**40,6**
1	d	VI	90	115	100	107	47	603	0,1000	515	40,5
2		III		122	111	119	42	605	0,1000	510	40,2
3				133	118	127	40	604	0,1000	505	39,8
4		II		132	125	128	41	603	0,1000	505	39,8
5		I		135	127	131	39	604	0,0997	505	39,8
		Mittel		**127**	**116**	**122**	**42**	—	**0,0999**	—	**40,0**

Bemerkung: Die eingeklammerten Dehnungen gelten nicht für die im Tabellenkopf angegebenen Belastungen, sondern

Dehnungen in % bei folgenden Belastungen in kg												Bemerkungen
50	100	150	200	225	250	275	300	325	350	375	400	
0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	—	—	—	—	Bei Nr. 2, 4 und 5 drei Drähte, bei Nr. 3 zwei gleichzeitig gerissen.
0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	—	—	—	
0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	—	—	—	—	
0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	—	—	—	—	
0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,5	—	—	—	
0,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
0,0	**0,0**	**0,1**	**0,1**	**0,2**	**0,2**	**0,2**	**0,3**	**0,4**	—	—	—	
0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,4	—	—	—	—	Bei Nr. 2 und 4 zwei Drähte gleichzeitig gerissen.
0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,5	—	—	—	
0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,4	—	—	—	
0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	—	—	—	
0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,4	—	—	—	
0,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
0,0	**0,0**	**0,1**	**0,1**	**0,1**	**0,2**	**0,2**	**0,2**	**0,4**	—	—	—	

aus Material A.

$= 3{,}14 \cdot 4 = 12{,}6$ qmm.

Dehnungen in % bei folgenden Belastungen in kg										Bemerkungen
100	200	300	350	400	450	500	510	520	525	
0,3	0,7	1,0	1,3	1,8	3,7	5,7	—	—	9,0	
0,3	0,5	0,7	1,0	1,9	3,7	7,2	—	—	10,3	
0,3	0,6	0,9	1,3	2,0	4,0	6,7	—	—	10,3	
0,3	0,6	1,1	1,4	2,0	3,9	7,3	—	—	11,2	
0,2	0,4	0,7	0,9	1,3	2,9	5,7	—	—	9,0	
0,3	**0,6**	**0,9**	**1,2**	**1,8**	**3,6**	**6,5**	—	—	**10,0**	
0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	2,6	6,2	—	—	8,9	Bei Nr. 1 Bruch in der Einspannung.
0,2	0,3	0,6	0,8	1,0	2,4	4,3	—	—	7,3	
0,2	0,4	0,6	0,7	1,0	2,6	4,5	—	—	7,3	
0,1	0,2	0,4	0,5	1,1	2,7	5,3	—	—	8,5	
0,1	0,2	0,4	0,6	1,1	2,9	5,3	—	—	8,5	
0,1	**0,3**	**0,5**	**0,6**	**1,0**	**2,6**	**5,1**	—	—	**8,1**	
0,1	0,2	0,3	0,4	2,1	3,6	7,1	—	11,7	—	
0,1	0,2	0,4	0,5	2,2	3,7	7,0	—	11,7	—	
0,1	0,2	0,3	0,5	2,2	4,0	8,1	—	(11,3)	—	
0,1	0,2	0,3	0,5	2,7	4,0	8,2	—	(11,2)	—	
0,1	0,1	0,3	0,5	2,5	4,3	9,0	—	(11,7)	—	
0,1	**0,2**	**0,3**	**0,5**	**2,3**	**3,9**	**7,9**	—	**11,5**	—	
0,0	0,1	0,1	0,2	2,1	4,8	9,9	12,3	—	—	Bei Nr. 2 Bruch in der Einspannung.
0,0	0,1	0,1	0,2	2,7	5,0	10,3	12,7	—	—	
0,0	0,1	0,1	0,2	2,7	5,3	11,5	(13,3)	—	—	
0,0	0,1	0,1	0,3	2,8	5,4	11,7	(15,0)	—	—	
0,0	0,1	0,2	0,3	2,5	5,3	11,6	(14,2)	—	—	
0,0	**0,1**	**0,1**	**0,2**	**2,6**	**5,2**	**11,0**	**13,5**	—	—	

für die Höchstlast.

Vierdrähtige Proben mit Kupfer=

Gesammtquerschnitt der Drähte =

Angaben über die Herstellung				Länge von 10 Duchten in mm			Anzahl der Duchten auf 500 mm Länge	Ganze Länge in mm	Gewicht pro Meter in kg	Bruchlast in kg	
Zeichen der		Drähte, entnommen aus Ring	Länge des Stichmaßes beim Drehen	größte	kleinste	mittlere				Gesammt	pro qmm
Probe	Versuchsreihe										
1	a	—	—	46	44	45	111	604	0,1140	480	38,1
2				47	43	46	109	600	0,1140	500	39,7
3				48	45	46	109	602	0,1140	500	39,7
4				47	41	45	111	602	0,1150	500	39,7
5				45	42	44	114	598	0,1150	510	40,5
		Mittel		47	43	45	111	—	0,1144	—	39,5
1	b	—	—	62	56	59	85	593	0,1110	540	42,9
2				63	61	62	81	596	0,1100	540	42,9
3				65	61	63	79	601	0,1090	540	42,9
4				64	61	63	79	600	0,1100	530	42,1
5				69	64	67	75	597	0,1100	540	42,9
		Mittel		65	61	63	80	—	0,1100	—	42,7

Sechsdrähtige Proben mit Kupfer=

Gesammtquerschnitt der Drähte =

Angaben über die Herstellung				Länge von 10 Duchten in mm			Anzahl der Duchten auf 500 mm Länge	Ganze Länge in mm	Gewicht pro Meter in kg	Bruchlast in kg	
Zeichen der		Drähte, entnommen aus Ring	Länge des Stichmaßes beim Drehen	größte	kleinste	mittlere				Gesammt	pro qmm
Probe	Versuchsreihe										
1	a	—	—	*)						790	42,0
2										770	41,0
3				30	28	28	177	(600)	(0,297)	770	41,0
4										780	41,5
5										780	41,5
		Mittel		30	28	28	177	—	(0,297)	—	41,4
1	b	—	—	*)						820	43,6
2										830	44,1
3				43	39	41	123	(600)	(0,210)	830	44,1
4										830	44,1
5										830	44,1
		Mittel		43	39	41	123	—	(0,210)	—	44,0
1	c	—	—	*)						820	43,6
2										820	43,6
3				113	101	106	49	(600)	(0,181)	810	43,1
4										810	43,1
5										840	44,7
		Mittel		113	101	106	49	—	(0,181)	—	43,6

*) Bemerkung: Die Duchtenzahlen sind nur an den „Biegeproben" festgestellt.

Seele aus Material A.

3,14 . 4 = 12,6 qmm.

Dehnungen in % bei folgenden Belastungen in kg							Bemerkungen
100	200	300	350	400	450	500	
0,2	0,5	1,1	1,5	2,3	5,0	—	
0,2	0,3	0,6	0,8	1,2	3,1	7,0	
0,2	0,3	0,6	0,9	1,1	1,8	—	
0,1	0,3	0,6	0,8	1,2	2,5	—	
0,1	0,3	0,6	0,8	1,3	1,9	5,5	
0,2	**0,3**	**0,7**	**1,0**	**1,4**	**2,9**	**6,3**	
0,1	0,1	0,3	0,4	0,5	1,1	3,5	
0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	1,4	4,0	
0,1	0,1	0,3	0,3	0,4	1,3	3,5	
0,1	0,2	0,3	0,4	0,8	1,5	4,0	
0,1	0,2	0,3	0,3	0,5	1,6	4,3	
0,1	**0,2**	**0,3**	**0,4**	**0,6**	**1,4**	**3,9**	

Seele aus Material A.

3,14 . 6 = 18,8 qmm.

Dehnungen in % bei folgenden Belastungen in kg											Bemerkungen
100	200	300	400	500	550	600	650	700	750	800	
0,2	0,5	1,5	2,8	4,8	5,8	7,0	9,3	11,8	15,5	—	
0,1	0,5	1,5	2,6	4,5	5,4	6,8	8,8	11,1	14,9	—	
0,2	0,4	1,4	2,8	4,3	5,5	7,0	9,0	11,6	15,0	—	Bei Nr. 5 Bruch in der Einspannung.
0,1	0,5	1,5	2,9	4,4	5,5	6,9	8,8	11,4	15,8	—	
0,1	0,7	1,6	3,3	4,9	5,9	7,3	9,4	12,0	16,3	—	
0,1	**0,5**	**1,5**	**2,9**	**4,6**	**5,6**	**7,0**	**9,1**	**11,6**	**15,5**	—	
0,2	0,3	0,3	0,3	0,6	0,8	1,0	1,3	2,5	4,3	7,0	
0,2	0,3	0,5	0,6	0,8	1,0	1,3	1,8	3,0	4,8	7,0	
0,1	0,3	0,3	0,4	0,6	0,7	0,8	1,3	2,4	4,3	6,5	
0,1	0,3	0,3	0,4	0,6	0,6	0,8	1,1	2,1	3,8	6,2	
0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	1,0	1,3	2,3	5,5	
0,2	**0,3**	**0,3**	**0,4**	**0,6**	**0,7**	**1,0**	**1,3**	**2,3**	**3,9**	**6,4**	
0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	1,0	1,8	2,8	3,3	6,9	
0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,4	1,3	2,2	3,4	5,0	7,9	
0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,5	1,4	2,3	3,6	5,3	8,8	
0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3	1,5	2,4	3,6	5,4	8,5	
0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,4	0,7	1,1	2,1	3,2	5,3	
0,0	**0,1**	**0,1**	**0,1**	**0,1**	**0,4**	**1,2**	**2,0**	**3,1**	**4,4**	**7,5**	

Zweidrähtige Proben

Gesammtquerschnitt der Drähte

Angaben über die Herstellung				Länge von 10 Duchten in mm			Anzahl der Duchten auf 500 mm Länge	Ganze Länge in mm	Gewicht pro Meter in kg	Bruchlast in kg	
Zeichen der Probe	Zeichen der Versuchsreihe	Drähte, entnommen aus Ring	Länge des Stichmaßes beim Drehen	größte	kleinste	mittlere				Gesammt	pro qmm
1	a	I	17	53	40	45	113	600	0,0602	267,5	41,5
2				63	37	45	111	600	0,0605	252,5	39,2
3				47	38	42	120	600	0,0603	257,5	40,0
4		II		49	38	43	117	600	0,0603	260,0	40,4
5				50	43	46	109	600	0,0595	265,0	41,1
		Mittel		**52**	**39**	**44**	**114**	—	**0,0582**	—	**40,5**
1	b	I	29	82	77	79	64	600	0,0538	330,0	51,2
2				80	74	76	66	601	0,0539	330,0	51,2
3				75	73	74	68,5	602	0,0540	330,0	51,2
4		II		76	72	74	68	600	0,0542	332,5	51,2
5				77	75	76	66	601	0,0543	327,5	50,9
		Mittel		**78**	**74**	**76**	**67**	—	**0,0540**	—	**51,1**
1	c	I	40	109	106	108	46	600	0,0520	350,0	54,1
2				104	100	102	49	600	0,0520	350,0	54,1
3				103	99	101	50	600	0,0525	350,0	54,1
4		II		102	100	101	50	598	0,0527	352,5	54,5
5				106	100	102	49	602	0,0524	352,5	54,5
6				104	98	101	49,5	600	0,0525	—	—
		Mittel		**105**	**101**	**103**	**49**	—	**0,0524**	—	**54,3**
1	d	I	57	143	131	137	37	598	0,0515	345,0	54,9
2				141	130	136	37	602	0,0515	362,5	57,7
3				138	130	134	38	602	0,0515	357,5	56,9
4		II		137	130	132	39	597	0,0517	360,0	57,3
5				136	132	134	37,5	600	0,0515	360,0	57,3
6				135	129	134	39	598	0,0515	—	—
		Mittel		**138**	**130**	**135**	**38**	—	**0,0515**	—	**56,8**

Dreidrähtige Proben

Gesammtquerschnitt der Drähte

Angaben über die Herstellung				Länge von 10 Duchten in mm			Anzahl der Duchten auf 500 mm Länge	Ganze Länge in mm	Gewicht pro Meter in kg	Bruchlast in kg	
Zeichen der Probe	Zeichen der Versuchsreihe	Drähte, entnommen aus Ring	Länge des Stichmaßes beim Drehen	größte	kleinste	mittlere				Gesammt	pro qmm
1	a	III	23	53	49	51	98	610	0,0823	490	52,0
2				50	43	48	104	608	0,0830	480	51,0
3		IV		49	42	47	105	605	0,0842	470	49,9
4				49	40	46	110	605	0,0848	450	47,8
5		V		51	43	50	101	606	0,0835	470	49,9
		Mittel		**50**	**43**	48	**104**	—	**0,0836**	—	**50,1**
1	b	III	40	72	67	70	70	610	0,0794	515	54,7
2				67	63	65	78	603	0,0804	510	54,1
3		IV		64	62	63	80	606	0,0804	520	55,2
4				66	62	64	78	615	0,0799	525	55,7
5		V		68	62	65	79	609	0,0796	520	55,2
6				66	58	63	79	612	0,0801	—	—
		Mittel		**67**	**62**	**65**	**77**	—	**0,0800**	—	**55,0**

aus Material B.
= 3,14 . 2 = 6,3 qmm.

Dehnungen in % bei folgenden Belastungen in kg											Bemerkungen
50	100	150	175	200	225	250	275	300	325	350	
0,1	0,3	0,4	0,6	0,8	1,3	2,8	—	—	—	—	Die Drähte rissen bei Nr. 1 gleichzeitig, bei Nr. 2—5 nach einander.
0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	1,1	3,3	—	—	—	—	
0,1	0,3	0,5	0,6	0,9	1,5	4,2	—	—	—	—	
0,1	0,3	0,5	0,6	0,9	1,5	4,0	—	—	—	—	
0,1	0,3	0,5	0,6	0,7	1,1	2,2	—	—	—	—	
0,1	**0,3**	**0,4**	**0,6**	**0,8**	**1,3**	**3,3**	—	—	—	—	
0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,6	0,7	0,9	1,3	—	Die Drähte rissen bei Nr. 1—4 gleichzeitig, bei Nr. 5 nach einander, und bei Nr. 1 in der Einspannung.
0,1	0,2	0,3	—	0,4	—	0,6	0,7	0,9	1,6	—	
0,2	0,3	0,3	—	0,5	—	0,7	0,8	1,1	1,7	—	
0,1	0,2	0,3	—	0,4	—	0,6	0,7	0,9	1,4	—	
0,1	0,2	0,3	—	0,4	—	0,6	0,7	0,9	1,9	—	
0,1	**0,2**	**0,3**	**0,3**	**0,4**	**0,4**	**0,6**	**0,7**	**0,9**	**1,6**	—	
0,1	0,3	0,5	—	0,6	—	0,7	0,8	0,9	1,1	2,0	Die Drähte rissen bei Nr. 3 gleichzeitig, bei Nr. 1, 2, 4 und 5 nach einander.
0,1	0,3	0,4	—	0,6	—	—	—	0,8	1,0	1,6	
0,1	0,3	0,4	—	0,6	—	0,7	—	0,9	1,1	2,0	
0,1	0,3	0,4	—	0,6	—	0,7	—	0,9	1,1	1,8	
0,1	0,3	0,4	—	—	—	—	—	0,8	1,0	2,0	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
0,1	**0,3**	**0,4**	—	**0,6**	—	**0,7**	**0,8**	**0,9**	**1,1**	**1,9**	
0,1	0,2	0,2	—	0,3	—	0,4	0,5	0,6	0,8	—	Die Drähte rissen bei Nr. 2 gleichzeitig.
0,1	0,3	0,3	—	0,4	—	0,5	—	0,6	0,7	1,3	
0,0	0,0	0,1	—	0,1	—	0,2	0,2	0,3	0,4	1,5	
0,1	0,2	0,2	—	0,3	—	0,4	0,4	0,6	0,7	1,3	
0,1	0,2	0,3	—	0,3	—	0,4	0,5	0,6	0,7	1,3	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
0,1	**0,2**	**0,2**	—	**0,3**	—	**0,4**	**0,4**	**0,5**	**0,7**	**1,4**	

aus Material B.
= 3,14 . 3 = 9,4 qmm.

Dehnungen in % bei folgenden Belastungen in kg										Bemerkungen
100	200	300	350	400	425	450	475	500	525	
0,2	0,3	0,4	0,6	0,7	0,8	1,0	1,3	—	—	Bei Nr. 2 Bruch in der Einspannung.
0,2	0,3	0,5	0,6	0,8	0,9	1,1	1,5	—	—	
0,2	0,4	0,6	0,8	1,1	1,4	1,8	—	—	—	
0,3	0,4	0,7	1,0	1,7	2,3	3,4	—	—	—	
0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0	1,3	—	—	—	
0,2	**0,3**	**0,5**	**0,7**	**1,0**	**1,3**	**1,7**	**1,4**	—	—	
0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	—	0,4	0,5	0,8	—	Bei Nr. 1 und 2 Bruch in der Einspannung.
0,0	0,1	0,2	0,3	0,3	—	0,4	0,6	0,8	—	
0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	—	0,6	0,6	0,8	—	
0,0	0,1	0,2	0,3	0,3	—	0,4	0,5	0,7	—	
0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	—	0,6	0,6	0,8	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
0,1	**0,1**	**0,2**	**0,3**	**0,3**	—	**0,5**	**0,6**	**0,8**	—	

Angaben über die Herstellung				Länge von 10 Duchten in mm			Anzahl der Duchten auf 500 mm Länge	Ganze Länge in mm	Gewicht pro Meter in kg	Bruchlast in kg	
Zeichen der Probe	Zeichen der Versuchsreihe	Drähte, entnommen aus Ring	Länge des Stichmaßes beim Drehen	größte	kleinste	mittlere				Gesammt	pro qmm
1	c	III	65	102	87	93	52	607	0,0772	540	57,3
2				85	83	84	58	604	0,0773	535	56,8
3		IV		85	79	81	62	607	0,0778	530	56,3
4				82	79	80	62	602	0,0778	530	56,3
5		V		83	80	82	61	604	0,0778	530	56,3
		Mittel		87	82	84	59	—	0,0776	—	56,6
1	d	III	80	126	119	124	39	608	0,0750	545	57,9
2				102	99	100	50	604	0,0770	545	57,9
3		IV		102	100	101	50	609	0,0770	540	57,3
4				101	94	94	51	606	0,0768	540	57,3
5		V		93	89	91	54	606	0,0776	540	57,3
6				100	93	95	53	603	0,0777	530	56,3
		Mittel		104	99	101	50	—	0,0769	—	57,3

Vierdrähtige Proben

Gesammtquerschnitt der Drähte

Angaben über die Herstellung				Länge von 10 Duchten in mm			Anzahl der Duchten auf 500 mm Länge	Ganze Länge in mm	Gewicht pro Meter in kg	Bruchlast in kg	
Zeichen der Probe	Zeichen der Versuchsreihe	Drähte, entnommen aus Ring	Länge des Stichmaßes beim Drehen	größte	kleinste	mittlere				Gesammt	pro qmm
1	a	VI	23	47	43	44	118	604	0,114	590	46,5
2		III		44	42	43	118	601	0,114	600	47,3
3				45	42	43	117	601	0,113	595	46,8
4		II		45	41	43	115	603	0,114	610	48,1
5		I		44	42	43	118	603	0,114	590	46,5
		Mittel		45	42	43	117	—	0,114	—	47,0
1	b	VI	40	70	65	68	75	603	0,102	685	54,0
2		III		64	60	62	82	597	0,105	680	54,3
3				62	59	61	83	603	0,105	675	53,1
4		II		69	62	65	78	600	0,105	675	53,1
5		I		63	61	63	81	603	0,105	675	53,1
		Mittel		66	61	64	80	—	0,104	—	53,5
1	c	VI	65	108	96	101	51	602	0,103	720	56,6
2		III		92	84	88	58	604	0,104	710	55,9
3				89	84	86	60	592	0,104	715	56,3
4		II		90	81	85	57	593	0,104	710	55,9
5		I		81	76	79	64	592	0,104	710	55,9
		Mittel		92	84	88	58	—	0,104	—	56,1
1	d	VI	90	126	109	116	43	595	0,103	730	57,5
2		III		141	131	137	37	608	0,103	725	57,1
3				121	107	111	45	600	0,103	725	57,1
4		II		107	101	103	49	594	0,104	720	56,6
5		I		131	127	129	39	587	0,103	725	57,1
		Mittel		125	115	119	43	—	0,103	—	57,1

Dehnungen in % bei folgenden Belastungen in kg										Bemerkungen
100	200	300	350	400	425	450	475	500	525	
0,0	0,1	0,2	—	0,3	—	0,3	0,4	0,5	0,8	Bei Nr. 2—5 Bruch in der Einspannung.
0,0	0,1	0,2	—	0,3	—	0,3	0,4	0,5	—	
0,1	0,1	0,2	—	0,3	—	0,4	0,4	0,5	0,9	
0,1	0,1	0,2	—	0,3	—	0,3	0,4	0,5	1,0	
0,0	0,1	0,2	—	0,3	—	0,3	0,4	0,5	0,9	
0,0	**0,1**	**0,2**	—	**0,3**	—	**0,3**	**0,4**	**0,5**	**0,9**	
0,0	0,1	0,2	—	0,3	—	0,3	0,4	0,5	0,8	Bei Nr. 2—5 Bruch in der Einspannung.
0,1	0,1	0,2	—	0,3	—	0,3	0,4	0,5	0,8	
0,0	0,1	0,1	—	0,2	—	0,3	0,3	0,5	0,8	
0,0	0,1	0,2	—	0,3	—	0,3	0,3	0,4	0,8	
0,0	0,1	0,2	—	0,3	—	0,3	0,4	0,5	0,8	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
0,0	**0,1**	**0,2**	—	**0,3**	—	**0,3**	**0,4**	**0,5**	**0,8**	

aus Material B.

$= 3{,}14 \cdot 4 = 12{,}6$ qmm.

Dehnungen in % bei folgenden Belastungen in kg													Bemerkungen
100	200	300	400	450	500	550	575	600	650	675	700	720	
0,3	0,6	0,8	1,1	1,3	1,5	2,0	2,8	—	—	—	—	—	
0,3	0,7	0,8	1,1	1,3	1,6	2,0	2,6	—	—	—	—	—	
0,3	0,6	0,9	1,1	1,3	1,6	2,0	2,6	—	—	—	—	—	
0,3	0,7	0,9	1,2	1,4	1,7	2,2	2,5	—	—	—	—	—	
0,4	0,7	0,9	1,1	1,3	1,6	2,1	2,8	—	—	—	—	—	
0,3	**0,7**	**0,9**	**1,1**	**1,3**	**1,6**	**2,1**	**2,7**	—	—	—	—	—	
0,0	0,1	0,2	0,2	—	0,3	—	—	0,4	0,7	1,3	—	—	Bei Nr. 2 Bruch in der Einspannung.
0,1	0,1	0,2	0,3	—	0,4	—	—	0,6	0,8	1,9	—	—	
0,1	0,2	0,2	0,3	—	0,4	—	—	0,6	1,2	3,0	—	—	
0,1	0,1	0,2	0,3	—	0,4	—	—	0,6	1,0	1,9	—	—	
0,1	0,1	0,2	0,3	—	0,4	—	—	0,5	0,8	2,5	—	—	
0,1	**0,1**	**0,2**	**0,3**	—	**0,4**	—	—	**0,5**	**0,9**	**2,1**	—	—	
0,0	0,1	0,1	0,1	—	0,2	—	—	0,3	0,4	1,5	—	—	
0,0	0,1	0,1	0,2	—	0,2	—	—	0,3	0,5	2,3	—	—	
0,0	0,1	0,1	0,2	—	0,3	—	—	0,3	0,4	1,5	—	—	
0,0	0,1	0,1	0,2	—	0,3	—	—	0,3	0,4	2,3	—	—	
0,1	0,1	0,2	0,3	—	0,3	—	—	0,4	0,6	1,7	—	—	
0,0	**0,1**	**0,1**	**0,2**	—	**0,3**	—	—	**0,3**	**0,5**	**1,9**	—	—	
0,0	0,1	0,1	0,2	—	0,2	—	—	0,3	—	—	1,3	3,3	Bei Nr. 3 Bruch in der Einspannung.
0,0	0,1	0,1	0,2	—	0,2	—	—	0,4	—	—	1,2	3,3	
0,0	0,1	0,1	0,2	—	0,2	—	—	0,3	—	—	1,6	4,3	
0,0	0,1	0,1	0,2	—	0,2	—	—	0,3	—	—	1,7	5,0	
0,0	0,1	0,1	0,1	—	0,2	—	—	0,3	—	—	1,7	4,0	
0,0	**0,1**	**0,1**	**0,2**	—	**0,2**	—	—	**0,3**	—	—	**1,5**	**4,0**	

Vierdrähtige Proben mit Kupfer=

Gesammtquerschnitt der Drähte =

Angaben über die Herstellung				Länge von 10 Duchten in mm			Anzahl der Duchten auf 500 mm Länge	Ganze Länge in mm	Gewicht pro Meter in kg	Bruchlast in kg	
Zeichen der		Drähte, entnommen aus Ring	Länge des Stichmaßes beim Drehen	größte	kleinste	mittlere				Gesammt	pro qmm
Probe	Versuchsreihe										
1	a	—	—	40	38	39	128	604	0,125	560	44,4
2				40	38	39	128	595	0,124	570	45,2
3				40	38	39	128	601	0,124	550	43,7
4				41	38	39	128	601	0,124	540	42,9
5				47	38	41	122	600	0,123	560	44,4
		Mittel		**42**	**38**	**39**	**127**	—	**0,124**	—	**44,1**
1	b	—	—	66	57	62	81	600	0,112	690	54,8
2				63	60	61	82	606	0,112	680	54,0
3				62	60	61	82	602	0,112	680	54,0
4				64	61	62	81	604	0,112	690	54,8
5				60	57	59	85	605	0,112	680	54,0
		Mittel		**63**	**59**	**61**	**82**	—	**0,112**	—	**54,3**

Sechsdrähtige Proben mit Kupfer=

Gesammtquerschnitt der Drähte =

Angaben über die Herstellung				Länge von 10 Duchten in mm			Anzahl der Duchten auf 500 mm Länge	Ganze Länge in mm	Gewicht pro Meter in kg	Bruchlast in kg	
Zeichen der		Drähte, entnommen aus Ring	Länge des Stichmaßes beim Drehen	größte	kleinste	mittlere				Gesammt	pro qmm
Probe	Versuchsreihe										
1	a	—	—	29	28	28	176	(600)	(0,300)	880	46,8
2										860	45,7
3										890	47,4
4										880	46,8
5										880	46,8
		Mittel		**29**	**28**	**28**	**176**	—	**(0,300)**	—	**46,7**
1	b	—	—	43	40	41	122	(600)	(0,210)	960	51,1
2										980	52,1
3										960	51,1
4										1010	53,7
5										1000	53,2
		Mittel		**43**	**40**	**41**	**122**	—	**(0,210)**	—	**52,2**
1	c	—	—	111	93	101	51	(600)	(0,184)	1180	62,8
2										1160	61,7
3										1150	61,2
4										1150	61,2
5										1130	60,1
		Mittel		**111**	**93**	**101**	**51**	—	**(0,184)**	—	**61,4**

Bemerkung: Die Duchtenzahlen sind nur an den „Biegeproben" festgestellt.

Seele aus Material B.

3,14 . 4 = 12,6 qmm.

Dehnungen in % bei folgenden Belastungen in kg									Bemerkungen
100	200	300	400	450	500	550	600	650	
—	0,1	0,3	0,8	—	1,9	3,1	—	—	
—	0,1	0,3	0,7	1,2	1,6	1,9	—	—	
0,2	0,5	1,0	1,3	1,7	2,1	3,0	—	—	
0,3	0,9	1,3	1,7	—	—	—	—	—	
0,2	0,7	1,0	1,5	1,8	2,3	3,3	—	—	
0,2	**0,5**	**0,8**	**1,2**	**1,6**	**2,0**	**2,8**	—	—	
—	—	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4	0,9	
—	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,6	0,7	—	
—	0,1	0,2	0,2	—	0,2	0,3	0,4	0,9	
—	—	—	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,5	
—	0,1	0,2	0,3	0,4	0,4	0,4	0,6	0,8	
—	**0,1**	**0,2**	**0,2**	**0,3**	**0,3**	**0,4**	**0,5**	**0,8**	

Seele aus Material B.

3,14 . 6 = 18,8 qmm.

Dehnungen in % bei folgenden Belastungen in kg															Bemerkungen
100	200	300	400	500	600	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	
0,4	1,0	2,6	4,3	5,8	7,6	9,3	10,2	12,3	14,0	—	—	—	—	—	—	
0,4	1,3	2,5	4,9	6,5	8,7	10,3	11,7	13,4	15,7	—	—	—	—	—	—	
0,5	1,1	2,3	3,6	4,7	6,7	8,2	9,3	11,1	13,3	—	—	—	—	—	—	
0,3	1,0	1,9	3,3	4,7	6,0	7,8	9,1	10,8	12,7	—	—	—	—	—	—	
0,4	0,9	2,3	3,5	4,8	6,5	8,3	10,0	11,6	13,8	—	—	—	—	—	—	
0,4	**1,1**	**2,3**	**3,9**	**5,3**	**7,1**	**8,8**	**10,1**	**11,8**	**13,9**	—	—	—	—	—	—	
0,3	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1	1,2	1,3	1,5	1,8	2,1	2,9	—	—	—	—	
0,2	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1	1,2	1,4	1,5	1,9	2,7	—	—	—	—	
0,3	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,3	1,5	1,7	2,1	3,1	—	—	—	—	
0,3	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,9	1,0	1,1	1,3	1,6	1,9	—	—	—	—	
0,2	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,1	1,3	1,5	1,8	2,3	—	—	—	—	
0,3	**0,5**	**0,6**	**0,7**	**0,8**	**0,9**	**1,1**	**1,2**	**1,4**	**1,6**	**1,9**	**2,6**	—	—	—	—	
0,0	0,0	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	1,0	4,2	Bei Nr. 1, 3 und 4 Bruch in der Einspannung.
0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,5	0,5	0,7	1,2	4,7	
0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,7	1,7	6,7	
0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,7	1,0	4,0	
0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,7	2,4	—	
0,0	**0,0**	**0,1**	**0,1**	**0,1**	**0,2**	**0,2**	**0,2**	**0,2**	**0,3**	**0,3**	**0,4**	**0,5**	**0,7**	**1,5**	**4,9**	

Zweidrähtige Proben

Gesammtquerschnitt der Drähte

Angaben über die Herstellung				Länge von 10 Duchten in mm			Anzahl der Duchten auf 500 mm Länge	Ganze Länge in mm	Gewicht pro Meter in kg	Bruchlast in kg	
Zeichen der		Drähte, entnommen aus Ring	Länge des Stichmaßes beim Drehen	größte	kleinste	mittlere				Gesammt	pro qmm
Probe	Versuchsreihe										
1	a	I	17	54	39	42	123	593	0,0628	337,5	51,4
2				44	38	40	128	590	0,0633	325	49,5
3		II		48	42	45	114	594	0,0611	340	51,8
4				46	40	42	119	596	0,0625	337,5	51,4
5				50	41	47	111	595	0,0610	340	51,8
		Mittel		**48**	**40**	**43**	**119**	—	**0,0621**	—	**51,2**
1	b	I	29	100	92	95	53	601	0,0536	482,5	73,1
2				93	90	91	56	602	0,0538	490	74,2
3		II		87	83	85	58,5	600	0,0540	477,5	72,3
4				107	91	96	52,5	603	0,0534	502,5	76,1
5				87	82	84	60	603	0,0542	477,5	72,3
		Mittel		**95**	**88**	**90**	**56**	—	**0,0538**	—	**73,6**
1	c	I	40	144	134	140	36	600	0,0518	525	80,0
2				145	133	139	36	598	0,0520	525	80,0
3		II		143	128	133	38	598	0,0520	525	80,0
4				134	124	131	38,5	602	0,0520	510	77,7
5				130	124	127	40	600	0,0520	535	81,6
6				130	128	129	40	600	0,0522	—	—
		Mittel		**138**	**129**	**133**	**38**	—	**0,0520**	—	**79,9**
1	d	I	57	185	182	183	27,5	600	0,0512	525	80,5
2				202	197	200	25	599	0,0511	575	88,2
3		II		175	170	173	29	600	0,0514	530	81,3
4				178	168	174	29	600	0,0512	530	81,3
5				174	158	166	30	601	0,0515	560	85,9
6				215	208	212	24	600	0,0510	—	—
		Mittel		**188**	**181**	**185**	**27**	—	**0,0512**	—	**83,4**

Dreidrähtige Proben

Gesammtquerschnitt der Drähte

Angaben über die Herstellung				Länge von 10 Duchten in mm			Anzahl der Duchten auf 500 mm Länge	Ganze Länge in mm	Gewicht pro Meter in kg	Bruchlast in kg	
Zeichen der		Drähte, entnommen aus Ring	Länge des Stichmaßes beim Drehen	größte	kleinste	mittlere				Gesammt	pro qmm
Probe	Versuchsreihe										
1	a	III	23	68	65	67	74	600	0,0780	730	77,5
2				63	61	62	78	605	0,0766	730	77,5
3		IV		63	60	61	82	602	0,0770	705	74,8
4				56	54	55	81	605	0,0808	685	72,7
5		V		55	51	53	95	606	0,0803	680	72,2
		Mittel		**61**	**58**	**60**	**82**	—	**0,0785**	—	**74,9**
1	b	III	40	79	70	73	70	605	0,0770	755	80,1
2				75	72	74	70	608	0,0770	735	78,0
3		IV		74	70	72	70	607	0,0770	740	78,5
4				71	66	70	71	602	0,0771	735	78,0
5		V		75	70	72	71	605	0,0770	725	76,2
		Mittel		**75**	**70**	**72**	**70**	—	**0,0770**	—	**78,2**

aus Material C.
= 3,14 . 2 = 6,3 qmm.

Dehnungen in % bei folgenden Belastungen in kg																		Bemerkungen
50	100	150	200	250	275	300	325	350	375	400	425	450	475	500	525	550	575	
0,1	0,4	0,7	1,1	1,8	2,5	4,8	8,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Die Drähte rissen bei Nr. 1—5 gleichzeitig.
0,1	0,5	0,8	1,2	1,8	2,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
0,1	0,5	0,7	1,1	1,6	2,3	3,0	5,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
0,2	0,5	0,8	1,2	1,5	2,4	3,6	5,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
0,2	0,5	0,8	1,1	1,6	2,1	3,0	5,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
0,1	**0,5**	**0,8**	**1,1**	**1,7**	**2,4**	**3,6**	**6,4**	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	0,3	—	0,6	—	—	0,8	—	1,0	1,0	1,2	1,4	1,6	—	—	—	—	—	Die Drähte rissen bei Nr. 1 gleichzeitig, bei Nr. 2—5 nach einander.
—	0,3	—	0,5	—	—	0,7	—	0,8	—	1,1	1,2	1,4	—	—	—	—	—	
—	0,3	—	0,5	—	—	0,8	—	1,0	1,1	1,3	1,4	1,8	—	—	—	—	—	
—	0,3	—	0,4	—	—	0,7	—	0,8	0,9	1,1	1,2	1,4	—	—	—	—	—	
—	0,3	—	0,5	—	—	0,8	—	0,9	1,1	1,2	1,4	1,7	—	—	—	—	—	
—	**0,3**	—	**0,5**	—	—	**0,8**	—	**0,9**	**1,0**	**1,2**	**1,3**	**1,6**	—	—	—	—	—	
—	0,1	—	0,2	—	—	0,3	—	0,4	—	0,5	—	0,7	0,8	1,0	—	—	—	Die Drähte rissen bei Nr. 1 u. 2 nach einander in der Einspannung, bei Nr. 3 nach einander, bei Nr. 4 u. 5 gleichzeitig.
—	0,1	—	0,2	—	—	0,3	—	0,4	—	0,5	—	0,7	0,8	1,0	—	—	—	
—	0,1	—	0,2	—	—	0,3	—	0,4	—	0,5	—	0,7	0,8	1,0	—	—	—	
—	0,1	—	0,2	—	—	0,4	—	0,5	—	0,6	—	0,8	—	1,6	—	—	—	
—	0,1	—	0,2	—	—	0,4	—	0,4	—	0,6	—	0,7	0,9	1,0	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	**0,1**	—	**0,2**	—	—	**0,3**	—	**0,4**	—	**0,5**	—	**0,7**	**0,8**	**1,1**	—	—	—	
—	0,0	—	0,1	—	—	—	—	—	—	0,5	—	0,6	0,8	1,0	1,5	—	—	Die Drähte rissen bei Nr. 1 u. 4 gleichzeitig in der Einspannung, bei Nr. 2 nach einander in der Einspannung, bei Nr. 3 gleichzeitig, bei Nr. 5 nach einander.
—	0,0	—	0,1	—	—	0,2	—	—	—	0,4	—	0,5	0,6	0,6	0,7	0,9	1,3	
—	0,1	—	0,1	—	—	0,3	—	—	—	0,4	—	0,6	0,7	0,9	1,3	—	—	
—	0,0	—	0,1	—	—	0,2	—	—	—	0,4	—	0,6	0,6	0,8	1,5	—	—	
—	0,1	—	0,2	—	—	0,3	—	—	—	0,4	—	0,6	0,6	0,7	1,0	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	**0,0**	—	**0,1**	—	—	**0,3**	—	—	—	**0,4**	—	**0,6**	**0,7**	**0,8**	**1,2**	[0,9]	[1,3]	

aus Material C.
= 3,14 . 3 = 9,4 qmm.

Dehnungen in % bei folgenden Belastungen in kg													Bemerkungen
200	400	500	550	600	625	650	675	700	725	750	775	800	
0,2	0,4	0,6	0,8	0,9	1,0	1,2	1,3	1,7	—	—	—	—	Bruch nur bei Nr. 3 frei.
0,2	0,4	0,6	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,8	—	—	—	—	
0,1	0,4	0,6	0,7	0,9	1,1	1,3	1,7	2,7	—	—	—	—	
0,3	0,7	1,0	1,2	1,4	1,7	2,0	2,7	—	—	—	—	—	
0,4	0,9	1,2	1,4	1,8	2,0	2,4	—	—	—	—	—	—	
0,2	**0,6**	**0,8**	**1,0**	**1,2**	**1,4**	**1,6**	**1,8**	**2,1**	—	—	—	—	
0,1	0,3	0,5	0,6	0,7	—	0,9	1,0	1,2	1,6	—	—	—	
0,2	0,4	0,5	0,6	0,7	—	0,9	1,1	1,3	1,9	—	—	—	
0,1	0,3	0,5	0,6	0,7	—	0,9	1,1	1,3	1,7	—	—	—	
0,1	0,3	0,5	0,6	0,7	—	0,9	1,1	1,4	1,9	—	—	—	
0,1	0,4	0,6	0,7	0,8	—	1,0	1,2	1,6	—	—	—	—	
0,1	**0,3**	**0,5**	**0,6**	**0,7**	—	**0,9**	**1,1**	**1,4**	**1,8**	—	—	—	

Angaben über die Herstellung				Länge von 10 Duchten in mm			Anzahl der Duchten auf 500 mm Länge	Ganze Länge in mm	Gewicht pro Meter in kg	Bruchlast in kg	
Zeichen der		Drähte, entnommen aus Ring	Länge des Stichmaßes beim Drehen	größte	kleinste	mittlere				Gesammt	pro qmm
Probe	Versuchsreihe										
1		III		116	111	114	45	603	0,0743	805	85,4
2				124	102	111	45	603	0,0745	795	84,4
3	c	IV	65	127	103	111	46	607	0,0743	770	81,7
4		V		117	105	109	45	633	0,0710	790	83,8
5				120	105	113	44	604	0,0737	770	81,7
		Mittel		**121**	**105**	**112**	**45**	—	**0,0736**	—	**83,4**
1		III		170	165	167	28	602		840	89,1
2				205	189	197	26	606		855	90,7
3	d	IV	80	171	163	166	30	604	—	850	90,2
4		V		158	156	157	32	603		840	89,1
5				156	152	155	34	612		820	87,0
		Mittel		**172**	**165**	**168**	**30**	—	—	—	**89,2**

Vierdrähtige Proben

Gesammtquerschnitt der Drähte

Angaben über die Herstellung				Länge von 10 Duchten in mm			Anzahl der Duchten auf 500 mm Länge	Ganze Länge in mm	Gewicht pro Meter in kg	Bruchlast in kg	
Zeichen der		Drähte, entnommen aus Ring	Länge des Stichmaßes beim Drehen	größte	kleinste	mittlere				Gesammt	pro qmm
Probe	Versuchsreihe										
1		VI		58	50	53	96	596	0,109	920	72,5
2		III		50	42	47	98	602	0,111	850	67,0
3	a	II	23	57	51	54	94	597	0,109	940	74,0
4				55	48	51	98	596	0,109	890	70,1
5		I		50	46	48	98	594	0,111	930	73,2
		Mittel		**54**	**47**	**51**	**97**	—	**0,110**	—	**71,4**
1		VI		74	70	72	69	600	0,103	1030	81,1
2		III		84	69	76	72	597	0,103	990	77,9
3	b	II	40	73	69	71	72	601	0,103	1000	78,7
4				68	65	67	76	602	0,104	990	77,9
5		I		71	65	68	75	601	0,104	980	76,1
		Mittel		**74**	**68**	**71**	**73**	—	**0,103**	—	**78,3**
1		VI		110	103	105	48	594	0,102	1100	86,5
2		III		120	106	114	40	598	0,101	1090	85,7
3	c	II	65	110	100	106	46	599	0,101	1090	85,7
4				116	110	112	46	600	0,101	1100	86,5
5		I		104	100	103	49	599	0,101	1080	85,0
		Mittel		**112**	**104**	**108**	**46**	—	**0,101**	—	**85,9**
1		VI		145	145	145	35	597	0,0980	1100	86,5
2		III		175	135	150	35	592	0,0991	1130	89,0
3	d	II	100	155	150	153	33	602	0,0993	1100	86,5
4				145	140	143	35	606	0,0988	1110	87,5
5		I		145	145	145	34	597	0,0991	1070	84,3
		Mittel		**153**	**143**	**147**	**34**	—	**0,0989**	—	**86,8**

Dehnungen in % bei folgenden Belastungen in kg													Bemerkungen
200	400	500	550	600	625	650	675	700	725	750	775	800	
0,1	0,3	—	—	0,6	—	—	—	0,9	1,0	1,2	1,4	—	Bei Nr. 1 Bruch in der Einspannung.
0,1	0,3	—	—	0,7	—	0,8	0,9	1,0	1,2	1,5	1,9	—	
0,1	0,3	—	—	0,7	—	0,9	1,0	1,1	1,3	1,7	—	—	
0,0	0,1	—	—	0,3	—	0,5	0,6	0,6	0,8	0,9	1,1	—	
0,2	0,3	—	—	0,6	—	0,7	0,8	0,9	1,1	1,4	—	—	
0,1	**0,3**	—	—	**0,6**	—	**0,7**	**0,8**	**0,9**	**1,1**	**1,3**	**1,5**	—	
0,1	0,2	—	—	0,4	—	0,5	—	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1	Bei Nr. 3 und 4 Bruch in der Einspannung.
0,1	0,2	—	—	0,4	—	0,5	—	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	
0,1	0,2	—	—	0,4	—	0,5	—	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	
0,1	0,2	—	—	0,4	—	0,5	—	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	
0,1	0,3	—	—	0,5	—	0,6	—	0,8	0,9	1,0	1,1	1,4	
0,1	**0,2**	—	—	**0,4**	—	**0,5**	—	**0,6**	**0,7**	**0,8**	**0,9**	**1,1**	

aus Material C.

$= 3{,}14 \cdot 4 = 12{,}6$ qmm.

Dehnungen in % bei folgenden Belastungen in kg										Bemerkungen
100	200	400	600	700	800	850	900	1000	1100	
0,3	0,5	0,8	1,1	1,4	1,8	2,4	—	—	—	
0,3	0,5	0,8	1,2	1,6	2,2	3,2	—	—	—	
0,2	0,5	0,8	1,1	1,3	1,7	2,0	2,7	—	—	
0,3	0,7	1,1	1,5	1,9	2,3	2,9	(4,3)	—	—	
0,2	0,5	0,9	1,2	1,4	1,7	2,1	2,8	—	—	
0,3	**0,5**	**0,9**	**1,2**	**1,5**	**1,9**	**2,5**	**3,3**	—	--	
0,1	0,1	0,2	0,4	0,5	0,6	—	0,9	1,5	—	Bei Nr. 2 Bruch in der Einspannung.
0,0	0,1	0,2	0,4	0,5	0,7	—	1,0	2,7	—	
0,0	0,1	0,3	0,4	0,6	0,7	—	1,0	2,2	—	
0,1	0,1	0,2	0,4	0,5	0,7	—	0,9	1,9	—	
0,0	0,1	0,2	0,4	0,5	0,7	—	1,0	3,3	—	
0,0	**0,1**	**0,2**	**0,4**	**0,5**	**0,7**	—	**1,0**	**2,3**	—	
0,0	0,1	0,2	0,3	—	0,5	—	0,7	0,9	2,0	Bei Nr. 1 und 3 Bruch in der Einspannung.
0,0	0,1	0,2	0,3	—	0,4	—	0,6	0,8	(1,8)	
0,0	0,1	0,2	0,3	—	0,5	—	0,6	0,9	(2,0)	
0,0	0,1	0,2	0,3	—	0,5	—	0,7	0,9	1,7	
0,0	0,1	0,2	0,3	—	0,5	—	0,7	1,0	(2,0)	
0,0	**0,1**	**0,2**	**0,3**	—	**0,5**	—	**0,7**	**0,9**	**(1,9)**	
—	0,1	0,1	0,3	0,3	0,4	—	0,6	0,7	1,1	Bei Nr. 1, 2, 4 und 5 Bruch in der Einspannung.
—	0,1	0,1	0,3	0,3	0,4	—	0,6	0,7	1,2	
—	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	—	0,5	0,7	1,4	
—	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	—	0,6	0,8	1,3	
—	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	—	0,6	0,9	—	
—	**0,1**	**0,1**	**0,3**	**0,3**	**0,4**	—	**0,6**	**0,8**	**1,3**	

Vierdrähtige Proben mit Kupfer=

Gesammtquerschnitt der Drähte =

Angaben über die Herstellung				Länge von 10 Duchten in mm			Anzahl der Duchten auf 500 mm Länge	Ganze Länge in mm	Gewicht pro Meter in kg	Bruchlast in kg	
Zeichen der		Drähte, entnommen aus Ring	Länge des Stichmaßes beim Drehen	größte	kleinste	mittlere				Gesammt	pro qmm
Probe	Versuchsreihe										
1	a	—	—	51	47	49	102	612	0,115	920	73,0
2				51	48	49	102	600	0,114	860	68,3
3				49	46	47	106	600	0,116	890	70,6
4				57	49	52	96	598	0,114	910	72,2
5				60	42	52	96	600	0,113	880	69,8
		Mittel		**54**	**46**	**50**	**100**	—	**0,114**	—	**70,8**
1	b	—	—	71	64	66	76	600	0,108	1000	79,4
2				70	64	67	75	600	0,109	980	77,6
3				66	62	65	77	605	0,109	990	78,6
4				69	66	68	74	607	0,108	1000	79,4
5				68	65	67	75	600	0,109	980	77,9
		Mittel		**69**	**64**	**67**	**75**	—	**0,109**	—	**78,6**

Sechsdrähtige Proben mit Kupfer=

Gesammtquerschnitt der Drähte =

Angaben über die Herstellung				Länge von 10 Duchten in mm			Anzahl der Duchten auf 500 mm Länge	Ganze Länge in mm	Gewicht pro Meter in kg	Bruchlast in kg	
Zeichen der		Drähte, entnommen aus Ring	Länge des Stichmaßes beim Drehen	größte	kleinste	mittlere				Gesammt	pro qmm
Probe	Versuchsreihe										
1	a	—	—	31	29	30	167	630	0,287	1100	58,5
2				30	29	29	172	625	0,292	1140	60,6
3				30	29	30	167	638	0,288	1140	60,6
4				33	31	32	156	655	0,281	1160	61,7
5				33	29	31	161	638	0,287	1160	61,7
		Mittel		**31**	**29**	**30**	**165**	—	**0,287**	—	**60,6**
1	b	—	—	47	45	46	109	616	0,197	1430	76,1
2				47	45	46	109	605	0,200	1420	75,5
3				46	43	45	111	612	0,199	1420	75,5
4				47	44	46	109	612	0,197	1300	69,1
5				46	43	44	114	615	0,198	1400	74,5
		Mittel		**47**	**44**	**45**	**110**	—	**0,198**	—	**74,1**

Seele aus Material C.

$3{,}14 \cdot 4 = 12{,}6$ qmm.

Dehnungen in % bei folgenden Belastungen in kg									Bemerkungen
100	200	300	400	500	600	700	800	900	
0,2	0,3	0,5	0,7	0,8	1,0	1,1	1,7	2,8	Bei Nr. 1, 2, 4 u. 5 Bruch in der Einspannung.
0,2	0,3	0,5	0,6	0,8	1,0	1,3	2,3	—	
0,1	0,3	0,4	0,5	0,8	1,0	1,3	2,0	—	
0,2	0,3	0,5	0,6	0,9	1,3	1,7	2,2	4,0	
0,2	0,3	0,5	0,7	0,8	1,1	1,3	1,8	—	
0,2	**0,3**	**0,5**	**0,6**	**0,8**	**1,1**	**1,3**	**2,0**	**3,4**	
0,0	0,1	0,2	0,2	0,3	0,5	0,6	0,8	1,2	Bei Nr. 1, 2 u. 5 Bruch in der Einspannung.
0,1	0,2	0,4	0,5	0,6	0,6	0,8	1,0	1,7	
0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,5	
0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	1,1	
0,2	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,6	0,9	1,6	
0,1	**0,2**	**0,3**	**0,4**	**0,4**	**0,5**	**0,7**	**0,9**	**1,4**	

Seele aus Material C.

$3{,}14 \cdot 6 = 18{,}8$ qmm.

Dehnungen in % bei folgenden Belastungen in kg																Bemerkungen
100	200	300	400	500	600	700	750	800	850	900	950	1000	1100	1200	1300	1400	
0,0	0,5	2,1	3,3	4,2	5,4	6,6	7,2	8,0	8,7	9,4	10,2	—	—	—	—	—	
0,3	1,1	2,6	3,8	4,7	5,7	6,7	7,3	7,9	—	9,3	—	11,0	14,0	—	—	—	
0,2	1,3	2,9	4,3	5,7	6,7	8,0	8,6	9,3	—	11,0	—	12,9	15,4	—	—	—	
0,2	1,0	2,4	3,3	4,1	4,8	5,7	6,1	6,7	—	7,7	—	9,1	10,8	—	—	—	
0,1	0,9	2,2	3,0	3,7	4,3	5,3	5,7	6,1	—	7,3	—	8,7	10,3	—	—	—	
0,2	**0,9**	**2,5**	**3,6**	**4,5**	**5,4**	**6,4**	**7,0**	**7,6**	**(8,7)**	**8,9**	**(10,2)**	**10,4**	**12,6**	—	—	—	
0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,5	0,5	0,6	0,7	—	0,8	—	0,8	1,1	—	—	—	Bei Nr. 2 Bruch in der Einspannung.
0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	—	0,8	—	0,8	—	1,0	1,2	1,3	1,7	—	
0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	—	0,7	—	0,8	—	1,0	1,2	1,5	2,1	—	
0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	—	0,9	—	0,9	—	1,1	1,3	1,7	—	—	
0,1	0,1	0,2	0,3	0,5	0,7	0,7	—	0,8	—	0,9	—	1,2	1,3	1,7	2,2	4,2	
0,1	**0,2**	**0,2**	**0,3**	**0,4**	**0,6**	**0,6**	**(0,6)**	**0,8**	—	**0,8**	—	**1,1**	**1,3**	**1,6**	**2,0**	**[4,2]**	

Zweidrähtige Proben

Gesammtquerschnitt der Drähte

Angaben über die Herstellung				Länge von 10 Duchten in mm			Anzahl der Duchten auf 500 mm Länge	Ganze Länge in mm	Gewicht pro Meter in kg	Bruchlast in kg	
Zeichen der Probe	Zeichen der Versuchsreihe	Drähte, entnommen aus Ring	Länge des Stichmaßes beim Drehen	größte	kleinste	mittlere				Gesammt	pro qmm
1	a	I	17	50	43	44	114	600	0,0603	420	66,9
2		II		46	42	44	115	601	0,0602	425	67,7
3				(65)	43	50	102	598	0,0585	450	71,7
		Mittel		**54**	**43**	**46**	**110**	—	**0,0597**	—	**68,8**
1	b	I	29	107	89	100	51,5	600	0,0528	575	91,6
2				98	91	95	53	600	0,0532	600	95,5
3				91	89	90	55,5	604	0,0515	595	94,7
4		II		96	92	94	53,5	601	0,0531	620	98,7
5				92	85	89	57	602	0,0533	605	96,3
6				102	87	92	55	601	0,0531	—	—
		Mittel		**98**	**89**	**98**	**54**	—	**0,0528**	—	**94,5**
1	c	I	40	184	174	179	28	603	0,0507	695	110,6
2				158	136	145	34	603	0,0508	670	106,7
3				150	143	146	34	604	0,0508	670	106,7
4		II		145	143	144	35	604	0,0512	690	109,9
5				155	129	139	36	607	0,0513	675	107,5
		Mittel		**158**	**145**	**151**	**33**	—	**0,0510**	—	**108,3**
1	d	I	57	265	245	255	20	600	0,0502	685	109,1
2				190	180	185	27	596	0,0507	715	113,9
3				208	184	196	29	596	0,0508	690	109,9
4		II		207	200	204	24,5	602	0,0503	700	111,5
5				207	176	189	26,5	601	0,0507	685	109,1
		Mittel		**215**	**197**	**206**	**25**	—	**0,0505**	—	**110,7**

Dreidrähtige Proben

Gesammtquerschnitt der Drähte

Angaben über die Herstellung				Länge von 10 Duchten in mm			Anzahl der Duchten auf 500 mm Länge	Ganze Länge in mm	Gewicht pro Meter in kg	Bruchlast in kg	
Zeichen der Probe	Zeichen der Versuchsreihe	Drähte, entnommen aus Ring	Länge des Stichmaßes beim Drehen	größte	kleinste	mittlere				Gesammt	pro qmm
1	a	III	17	48	43	45	109	609	0,0855	765	81,2
2		IV		42	38	40	126	610	0,0905	700	74,3
3				46	41	43	118	601	0,0884	720	76,4
4		V		45	40	43	114	603	0,0876	740	78,5
		Mittel		**45**	**41**	**43**	**117**	—	**0,0880**	—	**77,6**
1	b	III	40	101	84	94	52	604	0,0886	975	103,5
2				80	79	79	62	602	0,0762	960	101,9
3		IV		80	72	75	63	600	0,0765	955	101,4
4				85	80	83	62	607	0,0762	950	100,9
5		V		87	80	85	60	602	0,0762	960	101,9
6				87	82	85	64	606	0,0761	—	—
		Mittel		**87**	**80**	**84**	**61**	—	**0,0783**	—	**101,9**

aus Material D.

$= 3{,}14 \cdot 2 = 6{,}3$ qmm.

Dehnungen in % bei folgenden Belastungen in kg										Bemerkungen
100	200	300	400	500	550	600	625	650	675	
0,4	1,1	2,2	6,8	—	—	—	—	—	—	Beide Drähte gleichzeitig gerissen, bei Nr. 2 in der Einspannung.
0,4	0,9	1,9	5,5	—	—	—	—	—	—	
0,4	0,9	1,7	4,9	—	—	—	—	—	—	
0,4	**1,0**	**1,9**	**5,7**	—	—	—	—	—	—	
0,1	0,3	0,5	0,8	1,3	1,7	—	—	—	—	Drähte rissen bei Nr. 3 u. 4 gleichzeitig, bei Nr. 1 in der Einspannung.
0,2	0,4	0,6	0,8	1,3	1,8	—	—	—	—	
0,1	0,3	0,4	0,7	1,3	1,8	—	—	—	—	
0,1	0,2	0,4	0,7	1,2	1,7	—	—	—	—	
0,1	0,3	0,5	0,7	1,3	1,8	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
0,1	**0,3**	**0,5**	**0,7**	**1,3**	**1,8**	—	—	—	—	
0,0	0,1	0,3	0,4	0,7	0,9	1,3	1,7	2,0	2,5	Drähte rissen bei Nr. 2 u. 5 gleichzeitig.
0,1	0,2	0,4	0,5	0,8	1,0	1,3	1,6	2,0	—	
0,1	0,2	0,2	0,4	0,6	0,8	1,2	1,5	1,7	—	
0,1	0,1	0,2	0,4	0,6	0,7	1,0	1,3	1,4	2,0	
0,0	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1,1	1,5	1,8	—	
0,1	**0,1**	**0,3**	**0,4**	**0,7**	**0,8**	**1,2**	**1,5**	**1,8**	**2,3**	
0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,7	0,9	1,1	1,4	Drähte rissen nach einander, bei Nr. 1, 3 u. 5 in der Einspannung.
0,0	0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	0,8	0,9	1,1	1,4	
0,1	0,1	0,3	0,4	0,6	0,7	1,0	1,1	1,4	1,8	
0,0	0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5	
0,1	0,1	0,3	0,4	0,6	0,7	0,9	1,1	1,3	1,7	
0,0	**0,1**	**0,2**	**0,3**	**0,5**	**0,6**	**0,8**	**1,0**	**1,2**	**1,6**	

aus Material D.

$= 3{,}14 \cdot 3 = 9{,}4$ qmm.

Dehnung in % bei folgenden Belastungen in kg																						Bemerkungen
100	200	300	400	500	550	600	625	650	675	700	725	750	775	800	825	850	875	900	925	950	975	
0,3	0,7	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	2,2	2,5	2,7	3,1	3,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Bei Nr. 4 Bruch in der Einspannung.
0,3	1,1	1,4	2,0	2,7	3,1	3,8	4,2	4,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
0,3	1,0	1,3	1,7	2,3	2,7	3,0	3,4	3,8	4,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
0,3	0,9	1,1	1,4	1,8	2,1	2,4	2,7	3,0	3,3	3,8	4,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
0,3	**0,9**	**1,2**	**1,6**	**2,1**	**2,4**	**2,8**	**3,1**	**3,5**	**3,5**	**3,5**	**4,1**	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	0,1	—	0,2	—	—	0,4	—	—	—	0,6	—	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,3	1,5	—	—	
—	0,1	—	0,3	—	—	0,5	—	—	—	0,7	—	0,8	0,9	1,0	1,1	1,3	1,4	1,7	2,1	—	—	
—	0,1	—	0,3	—	—	0,5	—	—	—	0,7	—	0,8	0,9	1,0	1,1	1,3	1,5	1,8	2,4	—	—	
—	0,1	—	0,3	—	—	0,5	—	—	—	0,7	—	0,9	0,9	1,0	1,2	1,3	1,6	1,9	2,5	—	—	
—	0,1	—	0,3	—	—	0,5	—	—	—	0,6	—	0,8	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,7	2,1	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	**0,1**	—	**0,3**	—	—	**0,5**	—	—	—	**0,7**	—	**0,8**	**0,8**	**0,9**	**1,1**	**1,2**	**1,4**	**1,7**	**2,1**	—	—	

Angaben über die Herstellung				Länge von 10 Duchten in mm			Anzahl der Duchten auf 500 mm Länge	Ganze Länge in mm	Gewicht pro Meter in kg	Bruchlast in kg	
Zeichen der		Drähte, entnommen aus Ring	Länge des Stichmaßes beim Drehen	größte	kleinste	mittlere				Gesammt	pro qmm
Probe	Versuchsreihe										
1	c	III	65	150	122	134	39	552	0,0765	1045	111,9
2		IV		117	109	114	43	560	0,0760	1045	101,9
3				130	100	115	43	550	0,0772	1015	107,8
4		V		133	101	118	51	544	0,0770	995	105,6
5				200	120	148	50	556	0,0772	1010	107,3
		Mittel		**146**	**110**	**126**	**45**	—	**0,0768**	—	**106,9**
1	d	III	90	160	150	154	35	600	—	1015	107,8
2				159	151	154	33	602	—	1050	111,5
3		IV		170	143	156	32	603	—	1035	109,9
4				162	140	149	27	601	—	1030	109,3
5		V		145	135	139	37	600	—	1025	108,8
		Mittel		**159**	**144**	**150**	**33**	—	—	—	**109,5**

Vierdrähtige Proben

Gesammtquerschnitt der Drähte

Angaben über die Herstellung				Länge von 10 Duchten in mm			Anzahl der Duchten auf 500 mm Länge	Ganze Länge in mm	Gewicht pro Meter in kg	Bruchlast in kg	
Zeichen der		Drähte, entnommen aus Ring	Länge des Stichmaßes beim Drehen	größte	kleinste	mittlere				Gesammt	pro qmm
Probe	Versuchsreihe										
1	a	VI	23	65	57	61	84	603	0,110	1250	98,5
2		III		60	51	56	89	600	0,111	1200	94,5
3		II		62	52	55	90	596	0,111	1200	94,5
4				60	51	53	96	601	0,112	1180	93,0
5		I		56	52	54	92	608	0,112	1200	94,5
		Mittel		**61**	**53**	**56**	**90**	—	**0,111**	—	**95,0**
1	b	VI	40	83	76	80	64	598	0,107	1300	102,3
2		III		81	78	79	65	602	0,106	1310	103,0
3		II		85	78	81	62	605	0,106	1300	103,0
4				87	83	85	60	603	0,106	1350	106,2
5		I		90	84	87	58	600	0,106	1350	106,2
		Mittel		**85**	**80**	**82**	**62**	—	**0,106**	—	**104,1**
1	c	VI	65	102	96	98	52	600	0,104	1380	108,7
2		III		104	98	101	50	603	0,103	1370	107,9
3		II		101	93	95	53	595	0,104	1390	109,3
4				104	93	98	53	604	0,104	1350	106,2
5		I		105	103	104	50	603	0,102	1370	107,9
		Mittel		**108**	**97**	**99**	**52**	—	**0,103**	—	**108,0**
1	d	VI	100	180	160	172	29	592	0,101	1440	113,2
2		III		160	150	153	33	598	0,102	1420	111,9
3		II		150	150	150	34	597	0,102	1410	111,0
4				200	170	180	29	603	0,101	1380	108,7
5		I		170	160	165	31	603	0,101	1420	111,9
		Mittel		**172**	**158**	**164**	**31**	—	**0,101**	—	**111,3**

Dehnungen in % bei folgenden Belastungen in kg																					Bemerkungen
100	200	300	400	500	550	600	625	650	675	700	725	750	775	800	825	850	875	900	925	950	975	
—	0,1	—	0,2	—	—	0,4	—	—	—	0,6	—	—	—	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	
—	0,1	—	0,2	—	—	0,4	—	—	—	0,5	—	—	—	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,2	1,3	1,5	Bei Nr. 2 Bruch
—	0,1	—	0,3	—	—	0,4	—	—	—	0,6	—	—	—	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,6	1,9	in der
—	0,1	—	0,2	—	—	0,4	—	—	—	0,6	—	—	—	0,8	1,0	1,1	1,2	1,4	1,7	2,0	—	Einspannung.
—	0,1	—	0,2	—	—	0,5	—	—	—	0,6	—	—	—	0,9	1,1	1,2	1,3	1,4	1,7	2,0	—	
—	**0,1**	—	**0,2**	—	—	**0,4**	—	—	—	**0,6**	—	—	—	**0,8**	**0,9**	**1,0**	**1,1**	**1,2**	**1,4**	**1,7**	**1,6**	
—	0,1	—	0,3	0,5	—	0,7	—	—	—	0,8	—	0,9	—	1,0	1,1	1,2	—	—	—	—	—	
—	0,1	—	0,2	0,3	—	0,4	—	—	—	0,5	—	0,6	—	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	—	—	—	Bei Nr. 2 Bruch
—	0,1	—	0,2	0,3	—	0,3	—	—	—	0,5	—	0,6	—	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	—	—	—	in der
—	0,1	—	0,2	0,3	—	0,4	—	—	—	0,5	—	0,6	—	0,6	0,7	0,8	0,9	0,9	—	—	—	Einspannung.
—	0,1	—	0,2	0,3	—	0,4	—	—	—	0,5	—	0,6	—	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	—	—	—	
—	**0,1**	—	**0,2**	**0,3**	—	**0,4**	—	—	—	**0,6**	—	**0,7**	—	**0,7**	**0,8**	**0,8**	**0,9**	**0,9**	—	—	—	

aus Material D.

$= 3{,}14 \cdot 4 = 12{,}6$ qmm.

Dehnungen in % bei folgenden Belastungen in kg																	Bemerkungen
100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1150	1200	1250	1300	1350	1400	
0,2	—	0,4	—	0,7	—	0,9	—	1,3	—	1,9	2,2	2,6	—	—	—	—	
0,2	—	0,5	—	0,7	—	1,0	—	1,4	—	2,4	2,8	4,1	—	—	—	—	
0,2	—	0,5	—	0,7	—	1,0	—	1,4	—	2,3	2,9	3,9	—	—	—	—	
0,2	—	0,6	—	0,9	—	1,2	—	1,7	—	2,8	3,4	—	—	—	—	—	
0,2	—	0,6	—	0,9	—	1,2	—	1,6	—	2,4	2,8	3,9	—	—	—	—	
0,2	—	**0,5**	—	**0,8**	—	**1,1**	—	**1,5**	—	**2,4**	**2,8**	**3,6**	—	—	—	—	
—	0,1	—	0,2	—	0,3	—	0,4	—	0,7	1,0	—	1,4	—	—	—	—	
—	0,1	—	0,2	—	0,3	—	0,4	—	0,8	1,1	—	1,6	2,2	—	—	—	Bei Nr. 1 Bruch
—	0,1	—	0,2	—	0,3	—	0,5	—	0,8	1,2	—	1,8	2,3	—	—	—	in der
—	0,1	—	0,2	—	0,3	—	0,5	—	0,7	0,9	—	1,3	1,6	—	—	—	Einspannung.
—	0,1	—	0,2	—	0,3	—	0,5	—	0,7	1,0	—	1,4	1,7	—	—	—	
—	**0,1**	—	**0,2**	—	**0,3**	—	**0,5**	—	**0,7**	**1,0**	—	**1,5**	**2,0**	—	—	—	
—	0,1	—	0,2	—	0,3	—	0,4	—	0,6	—	—	1,0	—	1,5	—	—	
—	0,1	—	0,2	—	0,3	—	0,4	—	0,7	—	—	1,1	—	1,7	2,2	—	Bei Nr. 1, 3, 4 u.
—	0,1	—	0,1	—	0,3	—	0,4	—	0,6	—	—	1,0	—	1,6	1,9	—	5 Bruch in der
—	0,1	—	0,1	—	0,3	—	0,4	—	0,6	—	—	1,0	—	1,6	2,2	—	Einspannung.
—	0,1	—	0,2	—	0,3	—	0,5	—	0,7	—	—	1,2	—	1,7	2,5	—	
—	**0,1**	—	**0,2**	—	**0,3**	—	**0,4**	—	**0,6**	—	—	**1,1**	—	**1,6**	**2,2**	—	
—	0,1	—	0,2	—	0,3	—	0,3	—	0,5	—	—	0,8	—	1,0	—	1,4	
—	0,1	—	0,2	—	0,3	—	0,4	—	0,6	—	—	0,8	—	1,0	—	1,5	Bei Nr. 2 und 3
—	0,1	—	0,2	—	0,3	—	0,4	—	0,5	—	—	0,8	—	1,1	—	1,7	Bruch in der
—	0,1	—	0,2	—	0,2	—	0,4	—	0,5	—	—	0,8	—	1,0	—	—	Einspannung.
—	0,1	—	0,2	—	0,3	—	0,4	—	0,6	—	—	0,8	—	1,1	—	1,5	
—	**0,1**	—	**0,2**	—	**0,3**	—	**0,4**	—	**0,5**	—	—	**0,8**	—	**1,0**	—	**1,5**	

Litzen mit Kupferseele

Angaben über die Herstellung				Länge von 10 Duchten in mm			Anzahl der Duchten auf 500 mm Länge	Ganze Länge in mm	Gewicht pro Meter in kg	Bruchlast in kg	
Zeichen der		Drähte, entnommen aus Ring	Länge des Stichmaßes beim Drehen	größte	kleinste	mittlere				Gesammt	pro qmm
Probe	Versuchsreihe										
										Vierdrähtige Proben: Gesammtquerschnitt	
1	b	—	—	78	72	75	67	607	0,110	1250	99,2
2				77	75	76	66	592	0,110	1280	101,6
3				71	69	70	71	607	0,110	1270	100,8
4				76	71	73	69	602	0,111	1260	100,0
5				68	64	66	76	610	0,111	1250	99,2
		Mittel		**74**	**70**	**72**	**70**	—	**0,110**	—	**100,2**
										Sechsdrähtige Proben: Gesammtquerschnitt	
1	a	—	—	31	30	30	167	615	0,289	1430	76,1
2				33	30	31	161	605	0,289	1450	77,1
3				37	30	33	151	608	0,281	1390	73,9
		Mittel		**34**	**30**	**31**	**160**	—	**0,286**	—	**75,7**

versuchen aufgeführt, und zwar sind sie, wie aus den Angaben über den Drall der Proben zu ersehen ist, immer für die Proben gleicher Drahtzahl nach zunehmender Windungslänge oder abnehmendem Drall geordnet.

Der Einfluß der Windungslänge auf das Gewicht der Litzen ist aus den Schaulinien Fig. 18 zu erkennen, die erhalten sind, indem die mittleren Längen der Windungen als Abscissen und die Gewichte für das laufende Meter als Ordinaten aufgetragen wurden.

> Nach dem Verlauf dieser Linien nimmt das Gewicht mit zunehmender Windungslänge ab, und zwar ist die Abnahme zwischen 3 und 9 mm Windungslänge erheblich größer als bei längeren Windungen, wo sie diesen annähernd proportional ist.

Um den Einfluß der Windungslänge auf das Gewicht der Litzen rechnerisch zu ermitteln hat man zu beachten, daß, gleiche Drahtstärken und sattes Anliegen der einzelnen Drähte an einander vorausgesetzt, die Drähte in Litzen ohne Seelendraht so angeordnet sind, daß ihre Achsen als Schraubenlinien auf einem Cylinder liegen. Der Halbmesser R dieses Cylinders ist bei zweidrähtigen Litzen gleich dem Halbmesser r der Drähte. Bei drei- und vierdrähtigen Litzen ergiebt sich der Halbmesser R des Grundcylinders aus folgender Rechnung.

Bei Schnitten senkrecht zur Achse der Litzen sind die Endflächen der Drähte ellipsenähnliche Flächen, deren kleine Achsen $2b$ gleich dem Drahtdurchmesser $= 2r$ sind, deren große Achsen $= 2a$ aber mit dem Steigungswinkel φ der Drähte in der Litze sich ändern, und zwar ist nach Maßgabe von Fig. 19 $2a = \frac{2r}{\sin \varphi}$ oder $a = \frac{r}{\sin \varphi}$.

In Fig. 20 sei durch die Ellipse die Endfläche eines solchen Litzendrahtes dargestellt, dann ist der Winkel α, den die kleine Achse der Ellipse mit der aus dem Litzenmittelpunkt an die Ellipse gezogenen Tangente bildet, durch die Zahl n der Drähte in der Litze bestimmt, und zwar ist

$$\alpha = \frac{360}{2n} = \frac{180}{n}.$$

aus Material D.

Dehnungen in % bei folgenden Belastungen in kg															Bemerkungen
100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1150	1200	1250	1300	
der Drähte = 3,14 . 4 = 12,6 qmm.															
0,0	—	0,1	—	0,2	—	0,4	—	0,6	0,8	1,2	1,6	2,2	—	—	
0,0	—	0,1	—	0,3	—	0,5	—	0,7	0,9	1,3	1,7	2,0	2,6	—	Bei Nr. 2
0,0	—	0,1	—	0,3	—	0,4	—	0,6	0,9	1,2	1,4	1,9	2,8	—	Bruch in der
0,0	—	0,2	—	0,3	—	0,5	—	0,7	0,9	1,3	1,6	2,0	2,7	—	Einspannung.
0,1	—	0,2	—	0,3	—	0,5	—	0,8	1,0	1,4	1,7	2,2	—	—	
0,0	—	**0,1**	—	**0,3**	—	**0,5**	—	**0,7**	**0,9**	**1,3**	**1,6**	**2,1**	**2,7**	—	
der Drähte = 3,14 . 6 = 18,8 qmm.															
0,3	0,9	1,6	3,2	3,9	4,7	5,5	6,4	7,3	8,5	9,5	—	—	—	—	
0,2	0,6	2,1	3,4	4,0	4,8	5,5	6,4	7,3	8,3	9,4	—	10,7	—	12,0	
0,1	0,5	1,8	3,4	4,0	4,7	5,5	6,3	7,3	8,3	9,5	—	10,6	—	12,1	
0,2	**0,7**	**1,8**	**3,3**	**4,0**	**4,7**	**5,5**	**6,4**	**7,3**	**8,4**	**9,5**	—	**10,7**	—	**12,1**	

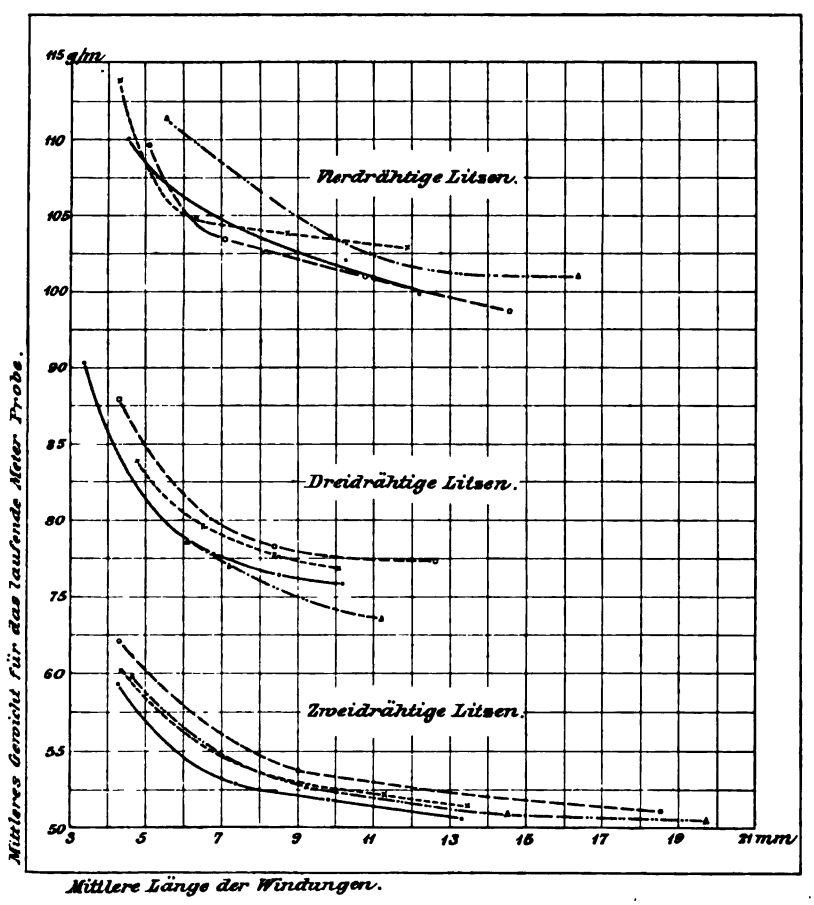


Fig. 18. Gewicht für das laufende Meter bei verschiedenem Drall.

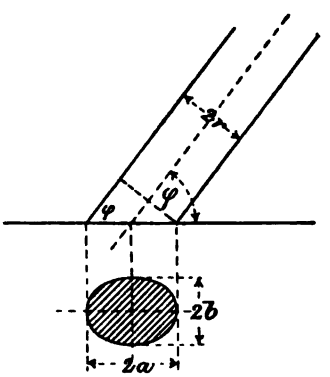


Fig. 19.

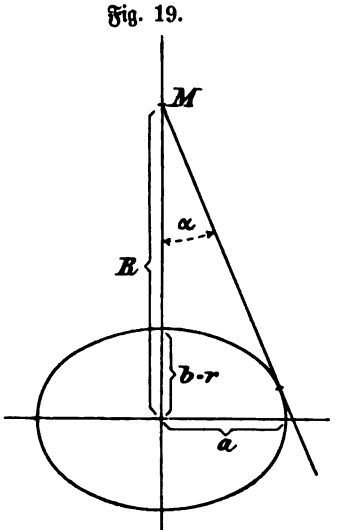


Fig. 20.

Bezeichnet man nun mit:

b = r die halbe kleine Achse der Ellipse, mit

a deren halbe große Achse, mit

x und y die Koordinaten der Ellipse und mit

ξ und η die Koordinaten des Berührungspunktes der aus dem Mittelpunkt M der Litze an die Ellipse gelegten Tangente,

so lautet die Mittelpunktsgleichung der Ellipse

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \text{I,}$$

und die Gleichung der Tangente, ausgedrückt durch die Koordinaten des Berührungspunktes

$$\frac{\xi x}{a^2} + \frac{\eta y}{b^2} = 1 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \text{II.}$$

In Gleichung II genügen nach Fig. 20

$$\text{für } \xi = 0,\ \eta = R$$

$$\text{und für } \eta = 0,\ \xi = R \operatorname{tg} \alpha.$$

Setzt man diese Werthe in Gleichung II ein, so ergiebt sich

$$\frac{Ry}{b^2} = 1 \text{ oder } y = \frac{b^2}{R}$$

$$\text{und } \frac{x R \operatorname{tg} \alpha}{a^2} = 1 \text{ oder } x = \frac{a^2}{R \operatorname{tg} \alpha}$$

und wenn diese Werthe für x und y in Gleichung I eingesetzt werden

$$\frac{a^2}{R^2 \operatorname{tg}^2 \alpha} + \frac{b^2}{R^2} = 1 \text{ oder } \frac{1}{R^2}\left(\frac{a^2}{\operatorname{tg}^2 \alpha} + b^2\right) = 1.$$

Demnach ist

$$R = \sqrt{\frac{a^2}{\operatorname{tg}^2 \alpha} + b^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \text{III.}$$

Setzt man in diese Gleichung die oben angegebenen Werthe für $a = \frac{r}{\sin \varphi}$ und $b = r$ ein, so ergiebt sich:

$$R = \sqrt{\frac{r^2}{\sin^2 \varphi \operatorname{tg}^2 \alpha} + r^2}.$$

Bei den vorliegenden Untersuchungen ist der Halbmesser der Drähte $r = 1$; demnach ist

$$R = \sqrt{\frac{1}{\sin^2 \varphi \operatorname{tg}^2 \alpha} + 1} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \text{IV.}$$

Bekannt ist aus den angestellten Untersuchungen die Länge l der Steigung der Drähte in den Litzen. Demnach ist nach Maßgabe von Fig. 21, welche die Abwickelung der von der Drahtachse innerhalb einer vollen Steigung gebildeten Schraubenlinie darstellt,

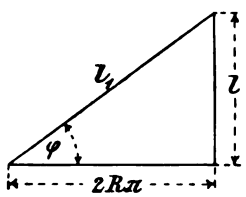


Fig. 21.

$$\operatorname{ctg} \varphi = \frac{2 R \pi}{l}.$$

Um nun die unbekannte Größe $\sin^2 \varphi$ aus Gleichung IV zu eliminiren, hat man zu setzen

$$\sin^2 \varphi = \frac{1}{1 + \operatorname{ctg}^2 \varphi} = \frac{1}{1 + \frac{4 R^2 \pi^2}{l^2}}.$$

Hierbei geht die Gleichung IV unter Fortschaffung der Wurzel über in

$$R^2 = \left(1 + \frac{4\,R^2\,\pi^2}{l^2}\right)\frac{1}{tg^2\,\alpha} + 1.$$

Hieraus ergiebt sich weiter:

$$R^2 = \frac{1}{tg^2\,\alpha} + R^2\,\frac{4\,\pi^2}{l^2\,tg^2\,\alpha} + 1$$

$$\text{oder } R^2\left(1 - \frac{4\,\pi^2}{l^2\,tg^2\,\alpha}\right) = 1 + \frac{1}{tg^2\,a}$$

$$\text{also } R = \sqrt{\frac{1 + \frac{1}{tg^2\,\alpha}}{1 - \frac{4\,\pi^2}{l^2 tg^2\,\alpha}}}, \text{ und schließlich}$$

$$R = \sqrt{\frac{(tg^2\,\alpha + 1)\,l^2}{l^2\,tg^2\,\alpha - 4\,\pi^2}} \quad \ldots\ldots\ldots \text{V.}$$

Bei den dreidrähtigen Litzen ist

$$\alpha = \frac{180}{3} = 60^0 \text{ also } tg^2\,\alpha = 3;$$

bei den vierdrähtigen Litzen ist

$$\alpha = \frac{180}{4} = 45^0 \text{ also } tg^2\,\alpha = 1.$$

Setzt man diese Werthe in Gleichung V ein, so ergiebt sich:

für die dreidrähtigen Litzen $R = \sqrt{\frac{4\,l^2}{3\,l^2 - 4\,\pi^2}} = \sqrt{\frac{4\,l^2}{3\,l^2 - 38{,}72}}$ . . . VI,

und für die vierdrähtigen Litzen $R = \sqrt{\frac{2\,l^2}{l^2 - 4\,\pi^2}} = \sqrt{\frac{2\,l^2}{l^2 - 38{,}72}}$ . . . VII.

Bezeichnet man nun mit l_1 die Länge der Drahtachse für eine Steigung (s. Fig. 21), so berechnet sich l_1 aus der Gleichung

$$l_1 = \sqrt{l^2 + 4\,R^2\,\pi^2} = \sqrt{l^2 + U^2}.$$

Setzt man in diese Gleichung die im Vorstehenden ermittelten Werthe für R ein, so erhält man

für zweidrähtige Litzen $l_1 = \sqrt{l^2 + 4r^2\,\pi^2}$ . . . . . VIII,

für dreidrähtige Litzen $l_1 = \sqrt{l^2\left(1 + \frac{16\,\pi^2}{3l^2 - 38{,}72}\right)} = l\sqrt{1 + \frac{157{,}75}{3l^2 - 38{,}72}}$ IX

und für vierdrähtige Litzen $l_1 = \sqrt{l^2\left(1 + \frac{8\,\pi^2}{l^2 - 38{,}72}\right)} = l\sqrt{1 + \frac{78{,}88}{l^2 - 38{,}72}}$ X.

Die Länge l_1 ist aber zugleich die mittlere Länge des Drahtes innerhalb einer Windung. Denn wenn auch die Begrenzungsflächen der Windung nicht senkrecht, sondern geneigt zur Achse des Drahtes liegen, so schneiden sie, da sie unter sich parallel sind, den Draht doch so, daß die Abweichungen an beiden Enden von dem senkrechten Schnitt sich derart ergänzen, daß die Masse des auf eine Windung entfallenden Abschnittes gleich der Masse des Drahtes von der Länge l_1 ist.

Ferner verhalten sich, homogenes Material und prismatische Drahtform vorausgesetzt, die Gewichte der Abschnitte wie ihre Längen. Bezeichnet nun

g das Gewicht eines Drahtabschnittes von der Länge l,

g_1 das Gewicht des Drahtes von der Länge l_1,

Bezeichnet man nun mit:

b = r die halbe kleine Achse der Ellipse, mit

a deren halbe große Achse, mit

x und y die Koordinaten der Ellipse und mit

ξ und η die Koordinaten des Berührungspunktes der aus dem Mittelpunkt M der Litze an die Ellipse gelegten Tangente,

so lautet die Mittelpunktsgleichung der Ellipse

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1 \quad \ldots\ldots\ldots \text{I,}$$

und die Gleichung der Tangente, ausgedrückt durch die Koordinaten des Berührungspunktes

$$\frac{\xi x}{a^2} + \frac{\eta y}{b^2} = 1 \quad \ldots\ldots\ldots \text{II.}$$

In Gleichung II genügen nach Fig. 20

$$\text{für } \xi = 0,\ \eta = R$$

$$\text{und für } \eta = 0,\ \xi = R \operatorname{tg} \alpha.$$

Setzt man diese Werthe in Gleichung II ein, so ergiebt sich

$$\frac{Ry}{b^2} = 1 \text{ oder } y = \frac{b^2}{R}$$

$$\text{und } \frac{x R \operatorname{tg} \alpha}{a^2} = 1 \text{ oder } x = \frac{a^2}{R \operatorname{tg} \alpha}$$

und wenn diese Werthe für x und y in Gleichung I eingesetzt werden

$$\frac{a^2}{R^2 \operatorname{tg}^2 \alpha} + \frac{b^2}{R^2} = 1 \text{ oder } \frac{1}{R^2}\left(\frac{a^2}{\operatorname{tg}^2 \alpha} + b^2\right) = 1.$$

Demnach ist

$$R = \sqrt{\frac{a^2}{\operatorname{tg}^2 \alpha} + b^2} \quad \ldots\ldots\ldots \text{III.}$$

Setzt man in diese Gleichung die oben angegebenen Werthe für $a = \frac{r}{\sin \varphi}$ und b = r ein, so ergiebt sich:

$$R = \sqrt{\frac{r^2}{\sin^2 \varphi \operatorname{tg}^2 \alpha} + r^2}.$$

Bei den vorliegenden Untersuchungen ist der Halbmesser der Drähte r = 1; demnach ist

$$R = \sqrt{\frac{1}{\sin^2 \varphi \operatorname{tg}^2 \alpha} + 1} \quad \ldots\ldots\ldots \text{IV.}$$

Bekannt ist aus den angestellten Untersuchungen die Länge l der Steigung der Drähte in den Litzen. Demnach ist nach Maßgabe von Fig. 21, welche die Abwickelung der von der Drahtachse innerhalb einer vollen Steigung gebildeten Schraubenlinie darstellt,

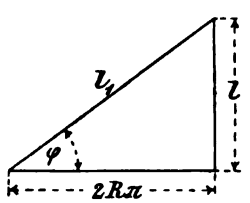


Fig. 21.

$$\operatorname{ctg} \varphi = \frac{2 R \pi}{l}.$$

Um nun die unbekannte Größe $\sin^2 \varphi$ aus Gleichung IV zu eliminiren, hat man zu setzen

$$\sin^2 \varphi = \frac{1}{1 + \operatorname{ctg}^2 \varphi} = \frac{1}{1 + \frac{4 R^2 \pi^2}{l^2}}.$$

Hierbei geht die Gleichung IV unter Fortschaffung der Wurzel über in

$$R^2 = \left(1 + \frac{4\,R^2\,\pi^2}{l^2}\right)\frac{1}{tg^2\,\alpha} + 1.$$

Hieraus ergiebt sich weiter:

$$R^2 = \frac{1}{tg^2\,\alpha} + R^2\,\frac{4\,\pi^2}{l^2\,tg^2\,\alpha} + 1$$

$$\text{oder } R^2\left(1 - \frac{4\,\pi^2}{l^2\,tg^2\,\alpha}\right) = 1 + \frac{1}{tg^2\,a}$$

$$\text{also } R = \sqrt{\frac{1 + \frac{1}{tg^2\,\alpha}}{1 - \frac{4\,\pi^2}{l^2 tg^2\,\alpha}}}, \text{ und schließlich}$$

$$R = \sqrt{\frac{(tg^2\,\alpha + 1)\,l^2}{l^2\,tg^2\,\alpha - 4\,\pi^2}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \text{V.}$$

Bei den dreidrähtigen Litzen ist

$$\alpha = \frac{180}{3} = 60^0 \text{ also } tg^2\,\alpha = 3;$$

bei den vierdrähtigen Litzen ist

$$\alpha = \frac{180}{4} = 45^0 \text{ also } tg^2\,\alpha = 1.$$

Setzt man diese Werthe in Gleichung V ein, so ergiebt sich:

für die dreidrähtigen Litzen $R = \sqrt{\frac{4\,l^2}{3\,l^2 - 4\,\pi^2}} = \sqrt{\frac{4\,l^2}{3\,l^2 - 38{,}72}}$ . . . VI,

und für die vierdrähtigen Litzen $R = \sqrt{\frac{2\,l^2}{l^2 - 4\,\pi^2}} = \sqrt{\frac{2\,l^2}{l^2 - 38{,}72}}$ . . . VII.

Bezeichnet man nun mit l_1 die Länge der Drahtachse für eine Steigung (s. Fig. 21), so berechnet sich l_1 aus der Gleichung

$$l_1 = \sqrt{l^2 + 4\,R^2\,\pi^2} = \sqrt{l^2 + U^2}.$$

Setzt man in diese Gleichung die im Vorstehenden ermittelten Werthe für R ein, so erhält man

für zweidrähtige Litzen $l_1 = \sqrt{l^2 + 4r^2\,\pi^2}$ . . . . . VIII,

für dreidrähtige Litzen $l_1 = \sqrt{l^2\left(1 + \frac{16\,\pi^2}{3l^2 - 38{,}72}\right)} = l\sqrt{1 + \frac{157{,}75}{3l^2 - 38{,}72}}$ IX

und für vierdrähtige Litzen $l_1 = \sqrt{l^2\left(1 + \frac{8\,\pi^2}{l^2 - 38{,}72}\right)} = l\sqrt{1 + \frac{78{,}88}{l^2 - 38{,}72}}$ X.

Die Länge l_1 ist aber zugleich die mittlere Länge des Drahtes innerhalb einer Windung. Denn wenn auch die Begrenzungsflächen der Windung nicht senkrecht, sondern geneigt zur Achse des Drahtes liegen, so schneiden sie, da sie unter sich parallel sind, den Draht doch so, daß die Abweichungen an beiden Enden von dem senkrechten Schnitt sich derart ergänzen, daß die Masse des auf eine Windung entfallenden Abschnittes gleich der Masse des Drahtes von der Länge l_1 ist.

Ferner verhalten sich, homogenes Material und prismatische Drahtform vorausgesetzt, die Gewichte der Abschnitte wie ihre Längen. Bezeichnet nun

g das Gewicht eines Drahtabschnittes von der Länge l,

g_1 das Gewicht des Drahtes von der Länge l_1,

Tabelle

Zugversuche mit Litzen

Zeichen der Versuchsreihe	Zustand der Probe: Drähte: Anzahl	Drähte: entnommen aus Ring	Drall: Länge des Stichmaßes mm	Drall: mittlere Windungs-Länge mm	Drall: mittlere Windungs-Anzahl pro Meter	Gewicht pro Meter in g	Gesammtquerschnitt der Drähte in qmm	Bruchlast in kg/qmm	Dehnungen 50	100	150	175	200
a	2	1 u. 2	—	8,2	122,0	59,3	6,3	38,3	0,1	0,3	0,8	1,6	4,1
b			29	14,7	68,0	52,9	6,3	43,6	(0,1)	(0,2)	(0,3)	(0,4)	0,7
c			40	18,9	53,0	51,9	6,3	44,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,9
d			57	26,3	38,0	50,6	6,3	43,6	0,0	0,1	0,2	0,3	0,5
a	3	3—5	17	10,1	99,3	90,4	9,4	38,4	0,1	0,4	1,1	—	1,9
b			40	20,0	50,0	77,7	9,4	43,7	—	0,0	—	—	0,1
c			65	25,9	38,7	76,4	9,4	44,0	0,0	0,0	0,1	—	0,1
d			80	30,6	32,7	75,5	9,4	43,8	0,0	0,0	0,1	—	0,1
a	4	1—3 u. 6	23	17,9	56,0	109,8	12,6	41,6	—	0,3	—	—	0,6
b			40	30,3	33,0	103,6	12,6	42,3	—	0,1	—	—	0,3
c			65	40,8	24,5	101,8	12,6	40,6	—	0,1	—	—	0,2
d			90	47,6	21,0	99,9	12,6	40,0	—	0,0	—	—	0,1
a	4 mit Kupferseele	—	—	18,0	55,5	114,4	12,6	39,5	—	0,2	—	—	0,3
b			—	25,0	40,0	110,0	12,6	42,7	—	0,1	—	—	0,2
a	6 mit Kupferseele	—	—	17,0	59,0	297,0	18,8	41,4	—	0,1	—	—	0,5
b			—	24,4	41,0	210,0	18,8	44,0	—	0,2	—	—	0,3
c			—	61,4	16,3	181,0	18,8	43,6	—	0,0	—	—	0,1

Zugversuche mit Litzen

Zeichen der Versuchsreihe	Zustand der Probe: Drähte: Anzahl	Drähte: entnommen aus Ring	Drall: Länge des Stichmaßes mm	Drall: mittl. Windungs-Länge mm	Drall: mittl. Windungs-Anzahl pro Meter	Gewicht pro Meter in g	Gesammtquerschn. der Drähte in qmm	Bruchlast in kg/qmm	Dehnung 50	100	150	175	200	225	250	275	300
a	2	1 u. 2	17	8,8	114,0	58,2	6,3	40,5	0,1	0,3	0,4	0,6	0,8	1,3	3,3	—	—
b			29	14,9	67,0	54,0	6,3	51,1	0,1	0,2	0,3	(0,3)	0,4	(0,4)	0,6	0,7	0,9
c			40	20,4	49,0	52,4	6,3	54,3	0,1	0,3	0,4	—	(0,6)	—	(0,7)	(0,8)	0,9
d			57	26,4	38,0	51,5	6,3	56,8	0,1	0,2	0,2	—	0,3	—	0,4	(0,4)	0,5
a	3	3—5	23	14,4	69,3	83,6	9,4	50,1	—	0,2	—	—	0,3	—	—	—	0,5
b			40	19,5	51,3	80,0	9,4	55,0	—	0,1	—	—	0,1	—	—	—	0,2
c			65	25,5	39,3	77,6	9,4	56,6	—	0,0	—	—	0,1	—	—	—	0,2
d			80	30,0	33,3	76,9	9,4	57,3	—	0,0	—	—	0,1	—	—	—	0,2
a	4	1—3 u. 6	23	17,1	58,5	114,0	12,6	47,0	—	0,3	—	—	0,7	—	—	—	0,9
b			40	25,0	40,0	104,0	12,6	53,5	—	0,1	—	—	0,1	—	—	—	0,2
c			65	34,5	29,0	104,0	12,6	56,1	—	0,0	—	—	0,1	—	—	—	0,1
d			90	46,5	21,5	103,0	12,6	57,1	—	0,0	—	—	0,1	—	—	—	0,1
a	4 mit Kupferseele	—	—	15,7	63,5	124,0	12,6	44,1	—	(0,2)	—	—	0,5	—	—	—	0,8
b			—	24,4	41,0	112,0	12,6	54,3	—	—	—	—	(0,1)	—	—	—	0,2
a	6 mit Kupferseele	—	—	17,1	58,7	300,0	18,8	46,7	—	0,4	—	—	1,1	—	—	—	2,3
b			—	24,6	40,7	210,0	18,8	52,2	—	0,3	—	—	0,5	—	—	—	0,6
c			—	58,8	17,0	184,0	18,8	61,4	—	0,0	—	—	0,0	—	—	—	0,1

7.

aus den Drähten A.

in % bei den folgenden Belastungen in kg

225	250	275	300	325	350	375	400	450	500	510	520	525	550	600	650	700	750	800
9,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
(1,3)	(3,5)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
(1,5)	(4,3)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,2	5,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,5	3,4	4,5	6,1	8,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	0,2	0,3	0,3	0,6	1,9	3,8	7,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,2	0,2	0,2	0,3	(0,4)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,1	0,2	0,2	0,2	(0,4)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	0,9	—	1,2	—	1,8	3,6	6,5	—	—	10,0	—	—	—	—	—	—
—	—	—	0,5	—	0,6	—	1,0	2,6	5,1	—	—	8,1	—	—	—	—	—	—
—	—	—	0,3	—	0,5	—	2,3	3,9	7,9	—	11,5	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	0,1	—	0,2	—	2,6	5,2	11,0	13,5	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	0,7	—	1,0	—	1,4	2,9	(6,3)	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	0,3	—	0,4	—	0,6	1,4	3,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	1,5	—	—	—	2,9	—	4,6	—	—	—	5,6	7,0	9,1	11,6	15,5	—
—	—	—	0,3	—	—	—	0,4	—	0,6	—	—	—	0,7	1,0	1,3	2,3	3,9	6,4
—	—	—	0,1	—	—	—	0,1	—	0,1	—	—	—	0,4	1,2	2,0	3,1	4,4	7,5

aus den Drähten B.

in % bei den folgenden Belastungen in kg

325	350	400	425	450	475	500	525	550	575	600	650	675	700	720	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,1	1,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,7	1,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	0,7	1,0	1,3	1,7	(1,4)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	0,3	0,3	—	0,5	0,6	0,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	0,3	—	0,3	0,4	0,5	(0,9)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	0,3	—	0,3	0,4	0,5	(0,8)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	1,1	—	1,3	—	1,6	—	2,1	2,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	0,3	—	—	—	0,4	—	—	—	0,5	0,9	2,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	0,2	—	—	—	0,3	—	—	—	0,3	0,5	1,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	0,2	—	—	—	0,2	—	—	—	0,3	—	—	1,5	4,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	1,2	—	(1,6)	—	2,0	—	2,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	0,2	—	(0,3)	—	0,3	—	0,4	—	0,5	(0,8)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	3,9	—	—	—	5,3	—	—	—	7,1	—	—	8,8	—	10,1	11,8	13,9	—	—	—	—	—	—
—	—	0,7	—	—	—	0,8	—	—	—	0,9	—	—	1,1	—	1,2	1,4	1,6	1,9	2,6	—	—	—	—
—	—	0,1	—	—	—	0,1	—	—	—	0,2	—	—	0,2	—	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,7	1,5	4,9

Zugversuche mit Litzen

Zeichen der Versuchsreihe	Zustand der Probe: Drähte: Anzahl	Drähte: entnommen aus Ring	Drall: Länge des Stichmaßes mm	Drall: mittl. Windungs-: Länge mm	Drall: mittl. Windungs-: Anzahl pro Meter	Gewicht pro Meter in g	Gesammtquerschn. der Drähte in qmm	Bruchlast in kg/qmm	Dehnung: 50	100	150	200	250	275	300	325	350	375	400	425	450
a	2	1 u. 2	17	8,4	119,0	62,1	6,3	51,2	0,1	0,5	0,8	1,1	1,7	2,4	(3,6)	(6,4)	—	—	—	—	—
b			29	17,9	56,0	53,8	6,3	73,6	—	0,3	—	0,5	—	—	0,8	—	0,9	1,0	1,2	1,3	1,6
c			40	26,3	38,0	52,0	6,3	79,9	—	0,1	—	0,2	—	—	0,3	—	0,4	—	0,5	—	0,7
d			57	37,0	27,0	51,2	6,3	83,4	—	0,0	—	1,1	—	—	0,3	—	—	—	0,4	—	0,6
a	3	3—5	23	18,3	54,7	78,5	9,4	74,9	—	—	—	0,2	—	—	—	—	—	—	0,6	—	—
b			40	21,4	46,7	77,0	9,4	78,2	—	—	—	0,1	—	—	—	—	—	—	0,3	—	—
c			65	33,3	30,0	73,6	9,4	83,4	—	—	—	0,1	—	—	—	—	—	—	0,3	—	—
d			80	50,0	20,0	—	9,4	89,2	—	—	—	0,1	—	—	—	—	—	—	0,2	—	—
a	4	1—3 u. 6	23	20,6	48,5	110,0	12,6	71,4	—	0,3	—	0,5	—	—	—	—	—	—	0,9	—	—
b			40	27,4	36,5	103,0	12,6	78,3	—	0,0	—	0,1	—	—	—	—	—	—	0,2	—	—
c			65	43,5	23,0	101,0	12,6	85,9	—	0,0	—	0,1	—	—	—	—	—	—	0,2	—	—
d			100	58,9	17,0	98,9	12,6	86,8	—	—	—	0,1	—	—	—	—	—	—	0,1	—	—
a	4 mit Kupferseele	—	—	20,0	50,0	114,0	12,6	70,8	—	0,2	—	0,3	—	—	0,5	—	—	—	0,6	—	—
b			—	26,7	37,5	109,0	12,6	78,6	—	0,1	—	0,2	—	—	0,3	—	—	—	0,4	—	—
a	6 mit Kupferseele	—	—	18,2	55,0	287,0	18,8	60,6	—	0,2	—	0,9	—	—	2,5	—	—	—	3,6	—	—
b			—	27,3	36,7	198,0	18,8	74,1	—	0,1	—	0,2	—	—	0,2	—	—	—	0,3	—	—

Zugversuche mit Litzen

Zeichen der Versuchsreihe	Zustand der Probe: Drähte: Anzahl	Drähte: entnommen aus Ring	Drall: Länge des Stichmaßes mm	Drall: Mittlere Windungs-: Länge mm	Drall: Mittlere Windungs-: Anzahl pro Meter	Gewicht pro Meter in g	Gesammtquerschnitt der Drähte in qmm	Bruchlast in kg/qmm	Dehnung: 100	200	300	400	500	550
a	2	1 u. 2	17	9,1	110,0	59,7	6,3	68,8	0,4	0,1	1,9	5,7	—	—
b			29	18,5	54,0	52,8	6,3	94,5	0,1	0,3	0,5	0,7	1,3	1,8
c			40	30,3	33,0	51,0	6,3	108,3	0,1	0,1	0,3	0,4	0,7	0,8
d			57	40,0	25,0	50,5	6,3	110,7	0,0	0,1	0,2	0,3	0,5	0,6
a	3	3—5	17	12,8	78,0	88,0	9,4	77,6	0,3	0,9	1,2	1,6	2,1	2,4
b			40	24,6	40,7	78,3	9,4	101,9	—	0,1	—	0,3	—	—
c			65	33,3	30,0	76,8	9,4	106,9	—	0,1	—	0,2	—	—
d			90	45,5	22,0	—	9,4	109,5	—	0,1	—	0,2	0,3	—
a	4	1—3 u. 6	23	22,2	45,0	111,0	12,6	95,0	0,2	—	0,5	—	0,8	—
b			40	32,3	31,0	106,0	12,6	104,1	—	0,1	—	0,2	—	—
c			65	38,5	26,0	103,0	12,6	108,0	—	0,1	—	0,2	—	—
d			100	64,5	15,5	101,0	12,6	111,3	—	0,1	—	0,2	—	—
b	4 mit Kupferseele	—	—	28,6	35,0	110,0	12,6	100,2	0,0	—	0,1	—	0,3	—
a	6 mit Kupferseele	—	—	18,8	53,3	286,0	18,8	75,7	(0,2)	(0,7)	(1,8)	(3,3)	(4,0)	—

aus den Drähten C.

in % bei den folgenden Belastungen in kg

475	500	525	550	575	600	625	650	675	700	725	750	775	800	825	850	875	900	925	950	975	1000	1100	1200	1300	1400
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,8	1,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,7	0,8	1,2	[0,9]	[1,3]	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	0,8	—	1,0	—	1,2	1,4	1,6	(1,8)	(2,1)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	0,5	—	0,6	—	0,7	—	0,9	1,1	1,4	(1,8)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	0,6	—	0,7	0,8	0,9	1,1	1,3	(1,5)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	0,4	—	0,5	—	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	1,2	—	—	—	1,5	—	—	—	1,9	—	2,5	—	(3,3)	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	0,4	—	—	—	0,5	—	—	—	0,7	—	—	—	1,0	—	—	—	(2,3)	—	—	—	—
—	—	—	—	—	0,3	—	—	—	—	—	—	—	0,5	—	—	—	0,7	—	—	—	0,9	1,9	—	—	—
—	—	—	—	—	0,3	—	—	—	0,3	—	—	—	0,4	—	—	—	0,6	—	—	—	0,8	1,3	—	—	—
—	0,8	—	—	—	1,1	—	—	—	1,3	—	—	—	2,0	—	—	—	(3,4)	—	—	—	—	—	—	—	—
—	0,4	—	—	—	0,5	—	—	—	0,7	—	—	—	0,9	—	—	—	1,4	—	—	—	—	—	—	—	—
—	4,5	—	—	—	5,4	—	—	—	6,4	—	7,0	—	7,6	—	[8,7]	—	8,9	—	10,2	—	10,4	12,6	—	—	—
—	0,4	—	—	—	0,6	—	—	—	0,6	—	0,6	—	0,8	—	—	—	0,8	—	—	—	1,1	1,3	1,6	2,0	[4,2]

aus den Drähten D.

in % bei den folgenden Belastungen in kg

600	625	650	675	700	725	750	775	800	825	850	875	900	925	950	975	1000	1100	1150	1200	1250	1300	1350	1400
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,2	1,5	1,8	(2,3)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,8	1,0	1,2	1,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,8	3,1	3,5	(3,5)	(3,5)	(4,1)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,5	—	—	—	0,7	—	0,8	0,8	0,9	1,1	1,2	1,4	1,7	2,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,4	—	—	—	0,6	—	—	—	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,7	(1,6)	—	—	—	—	—	—	—	—
0,4	—	—	—	0,6	—	0,7	—	0,7	0,8	0,8	(0,9)	(0,9)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	1,1	—	—	—	—	—	—	—	1,5	—	—	—	—	2,4	2,8	(3,6)	—	—	—	—
0,3	—	—	—	—	—	—	—	0,5	—	—	—	—	—	—	—	0,7	1,0	—	1,5	2,0	—	—	—
0,3	—	—	—	—	—	—	—	0,4	—	—	—	—	—	—	—	0,6	—	—	1,1	—	1,6	(2,2)	—
0,3	—	—	—	—	—	—	—	0,4	—	—	—	—	—	—	—	0,5	—	—	0,8	—	1,0	—	1,5
—	—	—	—	0,5	—	—	—	—	—	—	—	0,7	—	—	—	0,9	1,3	1,6	2,1	2,7	—	—	—
(4,7)	—	—	—	(5,5)	—	—	—	(6,4)	—	—	—	(7,3)	—	—	—	(8,4)	(9,5)	—	(10,7)	—	12,1	—	—

G das Gewicht für ein Meter Draht,
A die Anzahl der Windungen auf ein Meter,
n die Anzahl der Drähte in der Litze und
G_1 das Gewicht für ein Meter Litze,

so ist zunächst

$$g = \frac{Gl}{1000}$$

und $g_1 = g\frac{l_1}{l} = 0{,}001\ Gl_1$,

ferner $G_1 = 0{,}001\ G \cdot A \cdot n \cdot l_1$,

oder für l_1 den Werth $\sqrt{l^2 + U^2}$ eingesetzt,

$$G_1 = 0{,}001\ G \cdot A \cdot n \sqrt{l^2 + U^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \text{XI.}$$

Diese Gleichung XI gilt allgemein zur Berechnung von Litzen mit und ohne Seeleneinlage, ferner für Litzen mit mehrfachen Drahtlagen, sowie für ganze Seile aus mehreren Litzen. Man hat nach ihr die Gewichte der einzelnen Theile des Seiles getrennt zu berechnen und dann zu summiren. Bei der Berechnung ist für die einzelnen Theile des Seiles die Größe unter der Wurzel stets eine andere, aber immer bekannt. Der Werth für l ergiebt sich aus der nach praktischen Erfahrungen zu wählenden Anstellung der Seilmaschine und der Werth für U berechnet sich aus dem Durchmesser der Einlage, vermehrt um den Durchmesser der hinzukommenden Drähte oder Litzen, deren aufzuwendendes Gewicht berechnet werden soll.

Im vorliegenden Fall ergiebt sich das Gewicht der Litzen aus Drähten von 2 mm Durchmesser durch Einsetzung der in den Gleichungen VIII—X gegebenen Werthe für l_1 in Gleichung XI zu

$$G_1 = 0{,}001\ G \cdot A \cdot 2\sqrt{l^2 + 39{,}48} \text{ für zweidrähtige Litzen} \quad \text{XII}$$

und da $Al = 1000$ ist, zu:

$$G_1 = G \cdot 3\sqrt{1 + \frac{157{,}75}{31^2 - 38{,}72}} \text{ für dreidrähtige Litzen} \quad \text{XIII,}$$

$$G_1 = G \cdot 4\sqrt{1 + \frac{78{,}88}{l^2 - 38{,}72}} \text{ für vierdrähtige Litzen} \quad \text{XIV.}$$

Die Gleichung für g_1 läßt sich auch ausdrücken durch

$$g_1 = g\,\frac{1}{\sin\varphi},$$

wenn φ den Neigungswinkel der Windungen zur Schnittebene senkrecht durch die Achse der Litze bedeutet.

Setzt man für g den oben entwickelten Werth 0,001 Gl ein, so geht die vorstehende Gleichung über in die Form

$$g_1 = 0{,}001\ Gl\,\frac{1}{\sin\varphi}$$

und hieraus ergiebt sich dann

$$G_1 = 0{,}001\ G \cdot l \cdot A \cdot n\,\frac{1}{\sin\varphi},$$

und da $Al = 1000$ ist, weiter

$$G_1 = G \cdot n\,\frac{1}{\sin\varphi}.$$

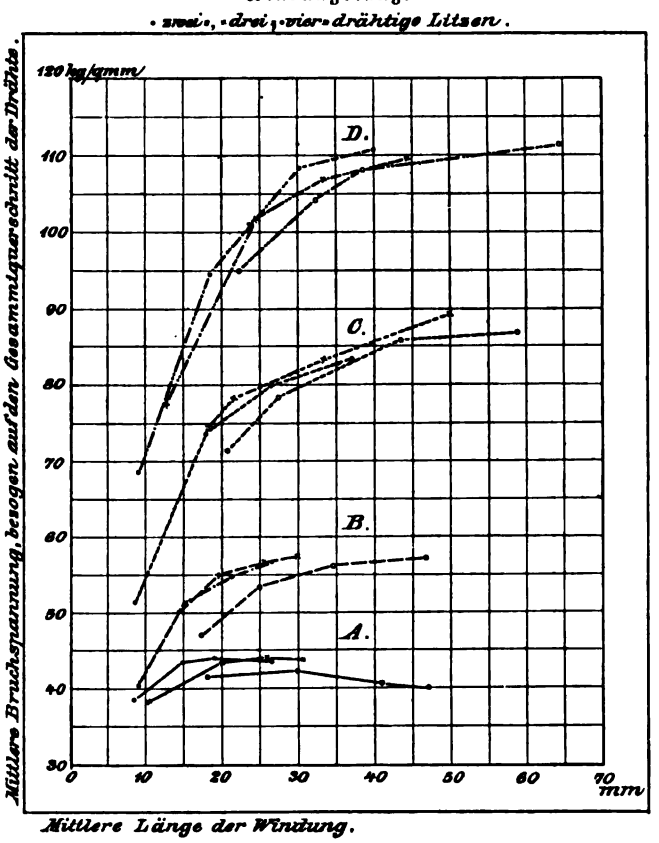
Aus dieser letzten Gleichung ist ersichtlich, daß das Gewicht der Litze eine Funktion des sin. des Neigungswinkels der Windungen ist.

Hierin ist zunächst der Verlauf der Schaulinien Fig. 18, d. h. die Beobachtung erklärt, daß das Gewicht für das laufende Meter Litze mit wachsender Windungslänge anfänglich schnell abnimmt und dann der letzteren annähernd proportional ist.

Um nun ferner festzustellen, in wie weit die an den Litzen ausgewogenen Metergewichte mit den durch Rechnung sich ergebenden übereinstimmen, sind die erforderlichen Berechnungen unter Benutzung der in Tab. 6 enthaltenen Mittelwerthe für A und l und der an 10 m langen Proben ermittelten Metergewichte der Drähte an Hand der Gleichungen XII—XIV durchgeführt. Die hierbei erhaltenen Werthe für G_1 sind in Tab. 8 den durch Wägung ermittelten gegenübergestellt.

Der Vergleich beider giebt eine befriedigende Uebereinstimmung. Die Abweichungen, welche zwischen + 4,8 % und — 4,6 % schwanken, dürften in der Hauptsache darauf zurückzuführen sein, daß es trotz der Eingangs beschriebenen Maßnahmen zur Erzielung eines gleichmäßigen Dralles nicht möglich gewesen ist, letzteren vollständig zu erreichen. Die Windungslängen in derselben Probe waren thatsächlich ungleichmäßig, wie aus den Angaben in Tab. 6 über die größten und kleinsten Werthe für die Längen von je 10 Windungen zu ersehen ist. Die Einführung der mittleren Windungslänge in die Rechnung konnte diesen Fehler aber nicht begleichen, da das Gewicht nicht der Windungslänge proportional ist, sondern, wie oben dargethan wurde, von dem sin. des Neigungswinkels abhängt. —

Fig. 22. Zugfestigkeit der Litzen bei zunehmender Windungslänge.



Die Bruchspannung des Materials (σ_B), bezogen auf den Gesammtquerschnitt der Drähte, zeigt nach Tab. 7 in den Litzen bei allen 4 Drahtsorten und bei allen Litzenarten für den stärksten Drall (kleinste Windungslänge) die kleinsten Werthe (s. auch Schaulinien Fig. 22). Bei dem Draht A mit geringster Festigkeit wurde die höchste Festigkeit der zwei-, drei- und vierdrähtigen Litzen bei etwa 20, 25 und 30 mm Windungslänge erreicht. Bei weiterer Zunahme der Letzteren nahm

Tabelle 8. Durch Wägung ermittelte und berechnete Litzengewichte.

Drahtsorte	Gewicht pro lfd. Meter G g	Anzahl der Drähte n	Anzahl der Windungen pro Meter A	Mittlere Windungslänge l mm	Gewichte für 1 m Litze G_1 berechnet g	Gewichte für 1 m Litze G_2 ausgewogen g	Unterschied zwischen dem ausgewogenen und berechneten Gewicht $G_1 - G_2$ g	Unterschied zwischen dem ausgewogenen und berechneten Gewicht $G_1 - G_2$ %
A	24,70	2	122,0	8,2	62,3	59,3	3,0	4,8
			68,0	14,7	53,7	52,9	0,8	1,9
			53,0	18,9	52,2	51,9	0,3	0,6
			38,0	26,3	50,8	50,6	0,2	0,4
		3	99,3	10,1	93,4	90,4	3,0	3,2
			50,0	20,0	78,6	77,7	0,9	1,1
			38,7	25,9	77,1	76,4	0,7	0,9
			32,7	30,6	76,3	75,5	0,8	1,0
		4	56,0	17,9	111,7	109,8	1,9	1,7
			33,0	30,3	103,1	103,6	— 0,5	— 0,5
			24,5	40,8	101,2	101,8	— 0,6	— 0,6
			21,0	47,6	100,5	99,9	0,6	0,6
B	24,85	2	114,0	8,8	60,9	58,2	2,7	4,4
			67,0	14,9	53,5	54,0	— 0,5	— 0,9
			49,0	20,4	51,7	52,4	— 0,7	— 1,4
			38,0	26,4	50,9	51,5	— 0,6	— 1,2
		3	69,3	14,4	84,0	83,6	0,4	0,5
			51,3	19,5	79,7	80,0	— 0,3	— 0,4
			39,3	25,5	77,5	77,6	— 0,1	— 0,1
			33,3	30,0	76,7	76,9	— 0,2	— 0,3
		4	58,5	17,1	114,2	114,0	0,2	0,2
			40,0	25,0	105,9	104,0	1,9	1,8
			29,0	34,5	102,8	104,0	— 1,2	— 1,2
			21,5	46,5	101,2	103,0	— 1,8	— 1,8
C	24,52	2	119,0	8,4	61,2	62,1	— 0,9	— 1,5
			56,0	17,9	52,1	53,8	— 1,7	— 3,3
			38,0	26,3	50,4	52,0	— 1,6	— 3,2
			27,0	37,0	49,7	51,2	— 1,5	— 3,0
		3	54,7	18,3	79,3	78,5	0,8	1,0
			46,7	21,4	77,8	77,0	0,8	1,0
			30,0	33,3	75,3	73,6	1,7	2,3
			20,0	50,0	74,3	—	—	—
		4	48,5	20,6	107,7	110,0	— 2,3	— 2,1
			36,5	27,4	103,4	103,0	0,4	0,4
			23,0	43,5	100,1	101,0	— 0,9	— 0,9
			17,0	58,9	99,2	98,9	0,3	0,3
D	24,48	2	110,0	9,1	59,6	59,7	— 0,1	— 0,2
			54,0	18,5	51,7	52,8	— 1,1	— 2,1
			33,0	30,3	50,0	51,0	— 1,0	— 2,0
			25,0	40,0	49,6	50,5	— 0,9	— 1,8
		3	78,0	12,8	85,2	88,0	— 2,8	— 3,3
			40,7	24,6	76,6	78,3	— 1,7	— 2,2
			30,0	33,3	75,1	76,8	— 1,7	— 2,3
			22,0	45,5	74,3	—	—	—
		4	45,0	22,2	106,1	111,0	— 4,9	— 4,6
			31,0	32,3	101,6	106,0	— 4,4	— 4,3
			26,0	38,5	100,6	103,0	— 2,4	— 2,4
			15,5	64,5	98,8	101,0	— 2,2	— 2,2

σ_B wieder ab. Die übrigen drei Drahtsorten B, C und D zeigen in allen drei Litzenarten mit 2—4 Drähten eine mit abnehmendem Drall (zunehmende Windungslänge) wachsende Festigkeit.

Vergleicht man die in den Litzen erzielten Festigkeiten mit der mittleren Festigkeit des einzelnen Drahtes, indem man die letztere gleich 100 setzt, so ergeben sich die in Tab. 9 zusammengestellten Verhältnißzahlen.

Tabelle 9. **Verhältniß der Materialfestigkeit in den Litzen zur Festigkeit der Drähte.**

Material:		A			B			C			D		
Drahtfestigkeit:		38,8 kg/qmm			59,1 kg/qmm			92,0 kg/qmm			116,2 kg/qmm		
Klasse	Anzahl der Drähte	Mittlere Windungslänge	Bruchbelastung		Mittlere Windungslänge	Bruchbelastung		Mittlere Windungslänge	Bruchbelastung		Mittlere Windungslänge	Bruchbelastung	
			ermittelt	Verhältniß zur Drahtfestigkeit		ermittelt	Verhältniß zur Drahtfestigkeit		ermittelt	Verhältniß zur Drahtfestigkeit		ermittelt	Verhältniß zur Drahtfestigkeit
		mm	kg/qmm	%	mm	kg/qmm	%	mm	kg/qmm	%	mm	kg/qmm	%
a	2	8,2	38,3	98,7	8,8	40,5	68,5	8,4	51,2	55,6	9,1	68,8	59,2
b		14,7	43,6	112,3	14,9	51,1	86,5	17,9	73,6	80,0	18,5	94,5	81,2
c		18,9	44,0	113,4	20,4	54,3	91,9	26,3	79,9	86,8	30,3	108,3	93,2
d		26,3	43,6	112,3	26,4	56,8	96,0	37,0	83,4	90,6	40,0	110,7	95,0
a	3	10,1	38,4	99,0	14,4	50,1	84,7	18,3	74,9	81,4	12,8	77,6	66,8
b		20,0	43,7	112,6	19,5	55,0	93,1	21,4	78,2	85,0	24,6	101,9	87,6
c		25,9	44,0	113,4	25,5	56,6	95,7	33,3	83,4	90,6	33,3	106,9	92,0
d		30,6	43,8	112,9	30,0	57,3	96,9	50,0	89,2	97,0	45,5	109,5	94,1
a	4	17,9	41,6	107,2	17,1	47,0	79,5	20,6	71,4	77,5	22,2	95,0	81,6
b		30,3	42,3	109,0	25,0	53,5	90,5	27,4	78,3	85,2	32,3	104,1	89,6
c		40,8	40,6	104,6	34,5	56,1	95,0	43,5	85,9	93,3	38,5	108,0	92,9
d		47,6	40,0	103,1	46,5	57,1	96,6	58,9	86,8	94,4	64,5	111,3	95,6
a	4 mit Kupferseele	18,0	39,5	101,7	15,7	44,1	74,5	20,0	70,8	77,0	—	—	—
b		25,0	42,7	110,0	24,4	54,3	91,8	26,7	78,6	85,5	28,6	100,2	86,1
a	6 mit Kupferseele	17,0	41,4	106,7	17,1	46,7	79,0	18,2	60,6	65,9	18,8	75,7	65,1
b		24,4	44,0	113,1	24,6	52,2	88,3	27,3	74,1	80,6	—	—	—
c		61,4	43,6	112,2	58,8	61,4	103,9	—	—	—	—	—	—

Nach ihnen ist die Drahtfestigkeit bei den Materialien B, C und D in den Litzen in keinem Falle erreicht.

Der Ausfall an Festigkeit beträgt bei den kleinsten Windungslängen 32—44 % und nimmt mit wachsender Windungslänge ab, beträgt aber auch bei den größten Windungslängen immer noch 4—6 %. Bei den drei Materialen ist er für gleiche Litzenzustände nicht wesentlich verschieden.

Bei dem Material A ist die Drahtfestigkeit nur in den zwei- und dreidrähtigen Litzen mit den kleinsten Windungslängen nicht erreicht. Der Ausfall beträgt aber nur 1—2 % und bei allen anderen Litzen ist die Festigkeit des Materials in der Litze höher gefunden als im einzelnen Draht. Die Zunahme beträgt bei den zwei- und dreidrähtigen Litzen etwa 13 %, bei der vierdrähtigen Litze 3—9 %.

d) Dauerbiegeversuche mit den Litzen.

Die Ergebnisse aus den Dauerbiegeversuchen mit den Litzen sind in Tab. 10 getrennt für die vier Drahtsorten zusammengestellt. Die Einzelwerthe aus den Parallelversuchen mit

Tabelle 10. Ergebnisse der Dauerbiegeversuche mit Litzen.

Nr. der Versuchsreihe	Anzahl der Drähte in der Litze	Belastung beim Biegen		Anzahl der Biegungen bis zum Bruch beim Biegen nach den folgenden Krümmungshalbmessern					
		Gesammt kg	kg/qmm	200	150	100	50	25	10
Drahtsorte A.									
56	2	24	3,8	—	—	—	—	183	75
57				7667	3395	1157	875	736	146
58				4703	3317	1326	1152	228	95
59				9009	4459	2164	793	506	327
Mittel				**7126**	**3724**	**1549**	**940**	**418**	**161**
72	3	36	3,8	8654	3907	1889	365	174	—
73				7091	3794	2195	924	451	—
74				8383	4328	2127	1183	713	195
75				7086	3346	2528	1144	563	191
Mittel				**7804**	**3844**	**2185**	**904**	**475**	**(198)**
88	4	48	3,8	5041	4175	2391	1521	844	390
89				6183	5420	2863	1658	1135	369
90				8990	5115	2975	1761	825	310
91				7776	5153	2891	1459	809	224
Mittel				**6998**	**4966**	**2780**	**1600**	**903**	**323**
104	4 mit Kupferseele	48	3,8	4925	3452	2460	1266	426	215
105				6866	4726	3059	1491	919	602
Mittel				**5896**	**4089**	**2760**	**1379**	**673**	**409**
119	6 mit Kupferseele	72	3,8	5670	3936	1502	929	310	413
120				5207	2525	1948	1366	676	702
121				9029	5456	2386	1486	611	386
Mittel				**6685**	**3972**	**1945**	**1260**	**532**	**500**
Ausgeglichene Mittelwerthe	2	—	—	7126	3724	1700	750	350	150
	3			7800	4100	2100	900	475	193
	4			7800	4950	2900	1400	850	320
	4 } mit Kupferseele			5900	4200	2700	1350	750	400
	6 }			6600	3970	2200	1150	620	400
Drahtsorte B.									
60	2	32	5,1	7673	2749	1384	427	86	—
61				8717	4918	1343	797	266	—
62				10216	4791	1715	865	116	53
63				12599	3926	1810	1130	343	64
Mittel				**9801**	**4096**	**1568**	**805**	**208**	**(59)**
76	3	48	5,1	8255	3441	1643	578	266	—
77				8521	3587	1703	793	537	117
78				9252	4175	2289	878	533	—
79				8352	5156	2523	1041	373	85
Mittel				**8595**	**4090**	**2040**	**828**	**427**	**(101)**
92	4	64	5,1	9338	4160	2734	1112	672	234
93				10516	6127	2370	1477	842	360
94				7907	5352	3166	1600	1207	810
95				8334	6010	2828	1668	820	355
Mittel				**9024**	**5412**	**2775**	**1464**	**885**	**440**

Nr. der Versuchsreihe	Anzahl der Drähte in der Litze	Belastung beim Biegen		Anzahl der Biegungen bis zum Bruch beim Biegen nach den folgenden Krümmungshalbmessern					
		Gesammt kg	kg/qmm	200	150	100	50	25	10
Drahtsorte B (Fortsetzung).									
109	4 mit Kupferseele	64	5,1	7875	4219	1946	878	428	204
110				7355	5521	2603	1444	933	623
Mittel				**7615**	**4870**	**2275**	**1161**	**681**	**414**
123	6 mit Kupferseele	96	5,1	13509	5518	1466	1001	287	266
124				4545	3257	1854	1591	908	726
125				9285	5980	—	1485	916	414
Mittel				**9096**	**4918**	**(1660)**	**1359**	**702**	**469**
Ausgeglichene Mittelwerthe	2	—	—	9800	4100	1800	700	300	60
	3			8600	4100	2040	825	375	100
	4			9000	5400	2775	1450	800	440
	4 } mit Kupferseele			8000	4700	2275	1150	680	400
	6 }			9100	5000	2500	1275	750	470
Drahtsorte C.									
64	2	50	8,0	9798	4446	1505	1187	360	—
65				10528	2963	1769	690	795	—
66				9679	3806	1730	1276	432	286
67				11565	3004	2274	834	435	272
Mittel				**10393**	**3555**	**1820**	**997**	**506**	**(279)**
80	3	75	8,0	12901	6214	3016	(817)	—	—
81				12430	4582	3209	1499	975	688
82				10114	5304	3837	1284	821	—
83				14613	7142	4327	1355	836	—
Mittel				**12515**	**5811**	**3597**	**(1289)**	**(877)**	**(688)**
96	4	100	8,0	6265	3886	2215	1176	590	—
97				5359	3995	2090	1191	783	605
98				6769	4724	2559	1221	591	499
99				11431	4795	3035	1406	694	578
Mittel				**7456**	**4350**	**2475**	**1249**	**665**	**(559)**
113	4 mit Kupferseele	100	8,0	6009	3590	1694	1054	647	—
114				6070	3869	1736	1090	364	362
Mittel				**6040**	**3780**	**1715**	**1072**	**506**	**(362)**
127	6 mit Kupferseele	150	8,0	17517	6420	—	—	588	—
128				4268	3577	1719	1252	828	605
Mittel				**10893**	**4999**	**(1719)**	**(1252)**	**708**	**(605)**
Ausgeglichene Mittelwerthe	2	—	—	10390	3600	1820	950	500	280
	3			12500	6200	3050	1400	900	680
	4			7450	4350	2475	1200	700	550
	4 } mit Kupferseele			6040	3550	1900	950	500	280
	6 }			10900	5000	2650	1220	750	575

Nr. der Versuchsreihe	Anzahl der Drähte in der Litze	Belastung beim Biegen		Anzahl der Biegungen bis zum Bruch beim Biegen nach den folgenden Krümmungshalbmessern					
		Gesammt kg	kg/qmm	200	150	100	50	25	10
				Drahtsorte D.					
69	2	74	11,8	6140	4359	2649	1244	951	502
70				14294	6078	2423	831	911	—
71				12794	5323	2320	897	414	—
Mittel				**11076**	**5253**	**2464**	**991**	**759**	**(502)**
84	3	111	11,8	7634	2320	1396	433	302	—
85				6411	1913	1351	487	367	—
86				7113	2903	1782	558	373	—
87				9733	4373	1971	581	401	—
Mittel				**7728**	**2877**	**1625**	**515**	**361**	—
100	4	148	11,8	6865	6061	3713	1962	793	831
101				9939	6255	3810	1689	1216	633
102				23145	6398	3590	1538	789	500
103				13646	7343	4704	1813	824	—
Mittel				**13399**	**6514**	**3954**	**1751**	**906**	**(655)**
118	4 mit Kupferseele	148	11,8	9039	6660	3575	1536	1078	495
131	6 mit Kupferseele	222	11,8	6122	5154	2150	1470	725	665
Ausgeglichene Mittelwerthe	2	—	—	11070	5250	2460	1020	700	500
	3			7700	3000	1500	600	360	—
	4			13400	6700	3950	1700	900	600
	4 } mit Kupferseele			10000	6400	3500	1500	900	600
	6 }			7000	4600	2750	1300	850	600

derselben Drahtsorte und für die gleichen Versuchsbedingungen zeigen ebenso wie die Dauerbiegeversuche mit den einzelnen Drähten (s. Tab. 2) zum Theil recht beträchtliche Abweichungen von einander. Sie sind daher wie jene zunächst zu Mittelwerthen zusammengefaßt und diese dann durch Auftragung von Schaulinien ausgeglichen. Die hierbei erhaltenen Ausgleichswerthe sind in Tab. 10 hinter den Beobachtungswerthen für die einzelnen Drahtsorten angegeben und in Fig. 23 zeichnerisch dargestellt, indem die Krümmungshalbmesser als Asciſſen und die Biegungszahlen als Ordinaten aufgetragen wurden. Hierbei ist die Zugehörigkeit der einzelnen Linien zu den Litzen verschiedenartiger Konstruktion durch die über der Fig. 23 angegebenen Zeichen gekennzeichnet.

Die Zugbelastung beim Biegeversuch, bezogen auf den Gesammtquerschnitt der Drähte, war bei allen Litzen derselben Drahtsorte die gleiche, und zwar bei den Litzen A = 3,8 kg/qmm, bei B = 5,1 kg/qmm, bei C = 8,0 kg/qmm und bei D = 11,8 kg/qmm. Sie betrug annähernd den zehnten Theil der Bruchlast des Drahtes.

Aus dem Verlauf der Schaulinien ergiebt sich, daß

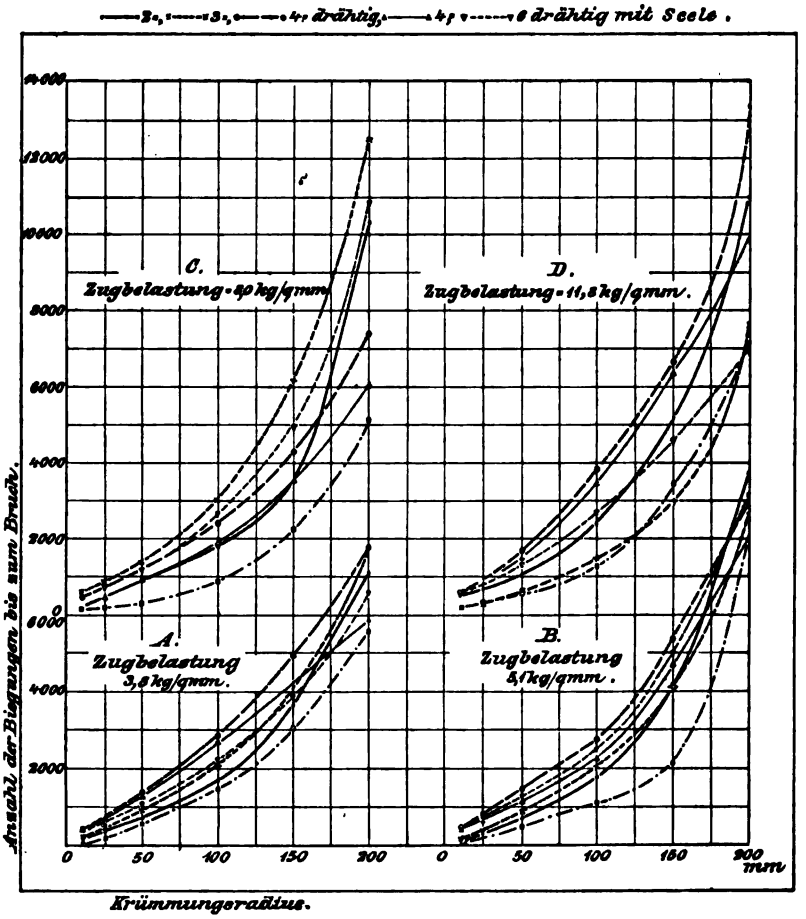
> die Anzahl der Biegungen bis zum Bruch, ähnlich wie bei den einzelnen Drähten, mit wachsendem Krümmungshalbmesser zunimmt.

Der Einfluß der Litzenkonstruktion auf die Biegungszahl tritt an der Lage der verschiedenen Linien zu einander nicht gesetzmäßig zu Tage, er scheint aber nach der Höhenaus-

dehnung der Fläche, den die Schaulinien bedecken, bei den härteren Drähten C und D größer zu sein als bei den weicheren Drähten A und B.

Als Mittelwerthe für die Biegungszahlen aller Litzen derselben Drahtsorte ergeben sich die in Tab. 11 zusammengestellten Werthe, denen zugleich die Biegungszahlen angefügt sind, die für die einzelnen Drähte unter Anwendung der gleichen Zugspannungen wie bei den Litzen erhalten wurden.

Fig. 23. Dauerbiegeversuche mit Litzen.



Aus dieser Gegenüberstellung und der zeichnerischen Darstellung der Werthe in Fig. 23[1]) ergiebt sich, daß

> die Widerstandsfähigkeit der Litzen gegen wiederholte Biegungen, wenn die Litzen neben der Inanspruchnahme auf Biegung mit etwa einem Zehntel der Festigkeit des Materials auf Zug beansprucht werden, im Allgemeinen um so größer befunden wurde, je größer die Zugfestigkeit des Materials der Litzen war.

Die Ueberlegenheit des härteren Materials tritt besonders bei den Biegungen nach den größeren Krümmungsradien mit über 100 mm zu Tage, während bei Biegungen nach 10 bis

[1]) Die Schaulinien für die einzelnen Drähte sind in Fig. 23 strichpunktirt eingetragen.

100 mm Halbmesser nur das härteste Material mit 117 kg/qmm Zugfestigkeit eine geringe Ueberlegenheit an Biegungsfähigkeit über die drei anderen Drahtsorten mit unter einander nahezu gleicher Dauerhaftigkeit aufweist.

Tabelle 11. **Mittlere Biegungszahlen der Litzen und Drähte bei gleicher Zugspannung.**

Zustand der Proben	Zeichen des Materials	Zugspannung beim Biegeversuch kg/qmm	Anzahl der Biegungen bis zum Bruch bei den folgenden Krümmungshalbmessern in mm					
			10	25	50	100	150	200
Litzen	A	3,8	292	609	1110	2320	4189	6245
	B	5,1	294	581	1080	2278	4660	8900
	C	8,0	473	670	1064	2379	4540	9456
	D	11,8	575	742	1224	2832	5190	9834
einzelne Drähte	A	3,8	78	200	600	1550	3100	5600
	B	5,1	41	125	500	1180	2150	4650
	C	8,0	122	220	350	950	2300	5200
	D	11,8	215	400	600	1315	3500	7140

Ferner ergiebt sich aus Tab. 11, daß

die Biegungsfähigkeit für die einzelnen Drähte unter den gleichen Versuchsbedingungen erheblich kleiner gefunden wurde als für die aus ihnen gefertigten Litzen.

e) Versuche mit abgeworfenen Grubenseilen.

Das Material zu diesen Untersuchungen wurde auf Grund des Erlasses des Herrn Ministers der öffentlichen Arbeiten vom 17. Juni 1884 seitens verschiedener fiskalischer Bergwerke zur Verfügung gestellt. Es umfaßte 20 Seilabschnitte von 2—18 m Länge, von denen in Tab. 12 ein besonderes Verzeichniß beigefügt ist. Zu den in dieser Tabelle unter Nr. 3—6 und 14—20 aufgeführten Proben wurden von den Einsendern nähere Angaben über den Ursprung und die Inanspruchnahme der Seile im Betriebe sowie über einzelne Gesichtspunkte, die bei Ausführung der Versuche besonders zu berücksichtigen seien, gemacht, welche diesem Bericht unter Tab. 13—14 beigefügt sind.

Die Seile gingen innerhalb der Zeit vom 4. Oktober 1884 bis 29. September 1885 bei der Versuchsanstalt ein und blieben hier bis zu ihrer Prüfung im März 1896 trocken aufbewahrt.

Mit den Seilen 1—8 sowie 12 und 13, deren Länge 2—3 m betrug, konnte nur je ein Zerreißversuch angestellt werden. Die übrigen Seile mit 10—18 m Länge wurden in mehrere Abschnitte von je 2,5 m Länge zerlegt, die außer der Seilnummer in der Reihenfolge ihrer Entnahme mit den Buchstaben A, B, C u. s. w. gezeichnet wurden. Von den Abschnitten desselben Seiles wurden in der Regel nur drei auf Zugfestigkeit geprüft und diese so ausgewählt, daß die mit ihnen erhaltenen Werthe für den mittleren Zustand der betreffenden Seilprobe gelten. Die zur Prüfung nicht verwendeten Abschnitte sind aufbewahrt.

Die Ergebnisse aus allen Versuchen sind in Tab. 15 zusammengestellt.

Ein besonderes Interesse bieten nur die Proben 3—6 und 14—20, welche von den Kgl. Berginspektionen Clausthal und Staßfurt unter Mittheilung statistischer Angaben über die Dauer und Größe der Inanspruchnahme im Betriebe eingeliefert wurden.

Tabelle 12. Verzeichniß der von fiskalischen Bergwerken eingelieferten abgeworfenen Grubenseilen.

Lfd. Nr.	Einsender	Bezeichnung der Probe durch den Einsender	Abmessungen der Seile: Durchmesser mm	Abmessungen der Seile: Länge m	Bemerkungen
1	Königl. Berginspektion in Borgloh	—	26	3,00	
2		—	30	3,00	
3	Königl. Berginspektion Clausthal, Seile des Ottiliae-Schachtes bei Clausthal	hohe Seil $^{9}/_{4}$	26	2,50	Hierzu s. Statistik Tab. 13.
4		„ „ $^{21}/_{4}$	26	2,50	
5		niedrige „ $^{9}/_{4}$	26	2,50	
6		„ „ $^{21}/_{4}$	26	2,50	
7	Königl. Berginspektion in Ibbenbüren	oberschlägig	26	3,20	
8		unterschlägig	26	3,10	
9	Königl. Berginspektion Obernkirchen	R 1	30	12—15	
10		R 2	30	12—15	
11		R 3	30	12—15	
12	Königl. Berginspektion in Borgloh	—	30	2,00	
13		—	26	2,20	
14	Königl. Berginspektion zu Staßfurt	1	36	10,00	Hierzu s. Statistik Tab. 14.
15		2	36	15,00	
16		3	36	18,00	
17		4	36	17,00	
18		5	36	17,00	
19		6	36	17,00	
20		7	36	16,00	

Die Proben 3—6 waren nach den Angaben in Tab. 13 zwei Stahldrahtseilen entnommen, die in den Jahren 1881 und 1883 von der Firma Felten & Guilleaume zu Mülheim a. Rh. bezogen waren. Beide Seile hatten gleiche Konstruktion, und für beide sollte die Zugfestigkeit nach der Festigkeit der einzelnen Drähte 21000 kg betragen. Da ferner auch die Konstruktionen der Förderanlagen, in denen die beiden Seile gearbeitet hatten, die gleichen waren, so unterscheiden sich die beiden Seile und ihre je 2 Abschnitte nur hinsichtlich der Inanspruchnahme (Förderleistung) bis zum Abhauen.

Aus Tab. 15 ist nun zunächst ersichtlich,

daß die wirkliche Bruchlast aller 4 Abschnitte bei der Prüfung noch um 3500—5500 kg höher sich ergab als die aus der Festigkeit der einzelnen Drähte berechnete Bruchlast von 21000 kg.

Die Ursache hierfür dürfte wohl lediglich darin zu suchen sein, daß die Seile und demnach auch die Drähte bei der Anlieferung mehr als 250 bezw. 21000 kg Zugfestigkeit besaßen.

Vergleicht man die erzielten Versuchsergebnisse mit Rücksicht auf die Betriebsleistung der Seile, so zeigt sich, daß von den beiden Proben 3 und 4, die demselben Seil nach verschiedener Betriebsdauer entnommen sind, die Probe 4 eine um 2000 kg höhere Bruchlast lieferte als die Probe 3, obgleich die letztere nur 4040 Lasthebungen (mit zusammen 80800 Ctr.), die erstere dagegen 88977 Lasthebungen (mit zusammen 1779540 Ctr.) mitgemacht hatte.

Die größere Betriebsleistung tritt demnach an diesem Seil in der Bruchfestigkeit der beiden Abschnitte nicht zu Tage; wohl aber zeigt der stärker beanspruchte Abschnitt 4 geringere Dehnungen bei gleichen Belastungen als der Abschnitt 3.

Tabelle 13. Statistische Angaben zu den Probeseilen der Königl. Berginspektion Clausthal.

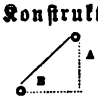
Gemachte Angaben		Seil Nr.			
Lfd. Nr.	Gegenstand	3	4	5	6
1	Bezeichnung des Seiles	Hohes Seil	Hohes Seil	Niedriges Seil	Niedriges Seil
2	Betriebsdauer				
	a) aufgetrieben am	9. II. 1884	9. II. 1884	20. XI. 1882	20. XI. 1882
	b) abgehauen am	3. IV. 1884	21. VI. 1884	9. IV. 1884	21. VI. 1884
	c) Nr. des Seilendes	1	2	1	2
3	Bezugsquelle des Seiles	Felten & Guilleaume	Felten & Guilleaume	Felten & Guilleaume	
4	Jahr der Lieferung	1883	1883	1881	
5	Material	Stahldraht	Stahldraht	Stahldraht	
6	Konstruktion des Seiles				
	a) Durchmesser mm	25	25	25	
	b) Anzahl der Litzen	6	6	6	
	c) Seelen-Einlagen	Hanfseele im Seil	Hanfseele im Seil	Hanfseele im Seil	
	d) Anzahl der Drähte in jeder Litze	14	14	14	
	e) Durchmesser der Drähte mm .	1,83	1,83	1,83	
	f) Windungslänge des Drahtes im Seil mm	130	130	130	
	g) Windungslänge der Litze im Seil mm	180	180	180	
7	Gewicht für 1 m Seil kg	1,95	1,95	1,95	
8	Festigkeit:				
	a) Bruchlast der Drähte kg . . .	250	250	250	
	b) berechnete Seilfestigkeit . . .	21000	21000	21000	
9	Seillängen:				
	a) im Ganzen m	450	450	450	
	b) zwischen Scheibe und Anschlagssohle m	360	360	360	
10	Konstruktion der Förderanlage				desgl.
	 a) Entfernungen A m . . .	20,25	20,25	20,25	
	B m . . .	33,50	33,50	33,50	
	b) Anzahl der Trommelachsen	1	1	1	
	c) Form der Seiltrommel .	konisch	konisch	konisch	
	d) lichte Breite der Seiltrommel m	2,50	2,50	2,50	
	e) Zustand der Seiltrommel .	mit Eichenholz gefuttert	mit Eichenholz gefuttert	mit Eichenholz gefuttert	
	f) Durchmesser der Seiltrommel, größter	3,0	3,0	3,0	
	kleinster	1,3	1,3	1,3	
	g) Seilscheiben: Durchmesser m	3,0	3,0	3,0	
	Material . .	Gußeisen ohne Futter	Gußeisen ohne Futter	Gußeisen ohne Futter	
	h) Verbindung zwischen Korb und Seil	4 Ketten und Feder	4 Ketten und Feder	4 Ketten und Feder	
11	Leistung des Seiles				
	a) Gewicht des Korbes kg .	800	800	800	
	b) Fördergut	Erze	Erze	Erze	
	c) dessen Gewicht pro Aufzug kg	1200	1200	1200	
	d) Fördergeschwindigkeit pro Sekunde m	8	8	8	
	e) Gesammtzahl der Aufzüge	4040	88977	31961	36814

Tabelle 14. Angaben zu den von der Königl. Berginspektion „Staßfurt" eingelieferten Seilproben.

Nördliches Förderseil (Oberseil) auf Achenbachschacht b. Staßfurt, war im Betriebe vom 30. März 1884 bis 9. August 1885.

Lieferant: Wilh. Schulze, Vellinghausen, Witten a. d. Ruhr.

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	
Bezeichnung der einzelnen Seilstücke	Zeit des Abhauens derselben	Es wurde hiermit überhaupt gefördert		Das Förderseil längte sich um je $\frac{1}{2}$ m			Bemerkungen
		Ctr.	Lasthebungen	in der Zeit vom	nach einer Förderung von Ctr.	nach Lasthebungen	
1	13. 7. 1884	50890	20400	31./3. bis 6./4. 1884	46270	1767	Der Zusammenhang des ganzen Zeitraumes unter V (30. März 1884 bis 9. August 1885) wurde unterbrochen durch die dazwischen fallenden Anschlußerneuerungen und den Zeitraum zur Ausstreckung des neuen Seiles nach dessen Auflegen (vom 30. bis 31. März 1884). Es ist deshalb auch die Förderung in VI und VII nur zwischen den zusammenhängenden Zeiträumen aufgeführt. Von dem Seilstück 7, für welches die Zahlen unter 5, III und IV gleichfalls gelten, ist die Angabe der Abnahme der Tragfähigkeit desselben im Vergleich zu dem neuen Seil (6) erwünscht.
2	12. 10. „	944215	39296	6./4. bis 7./4. 1884	419572	16798	
3	11. 1. 1885	1261210	50454	13./7. bis 17./8. 1884	214608	8651	
4	29. 4. „	1766677	71765	12./10. bis 2./11. 1884	131089	5198	
5	9. 8. „	2277640	91472	11./1. bis 1./3. 1885	283355	11186	
6	9. 8. „	Neues Seilende					
7	9. 8. „	Aus der Mitte entnommen					

Bemerkungen zu Tab. 14.

„Da das Abhauen des unteren Seilendes jedesmal nur auf eine Länge von ca. 6 m aus Betriebsrücksichten erforderlich ist, das Abhauen aber bereits erfolgt war, ehe uns die von Königl. Versuchsanstalt gewünschten Längendimensionen der Probestücke bekannt wurden, beträgt die Länge der Seilprobe Nr. 1 nur 6 m, während im Uebrigen die gewünschten Längen zum Abhiebe kommen. Da das Seil bereits am 30. März v. J., also *vor* den Verhandlungen über etwa vorzunehmende Untersuchungen des Seiles seitens der Königl. Versuchsanstalt, aufgelegt worden war, konnte auch dem Seile eine Probe *vor* der Inbetriebnahme nicht entnommen werden. Als *gleichwerthig* mit einer solchen Probe möchten wir aber ein der Sendung unter Nr. 6 ebenfalls beigefügtes Seilende erachten, welches die sogenannten Reserveumschläge gebildet, d. h. *innerhalb* der Seiltrommel gelegen hat, welches also kaum eine *Beanspruchung seiner Festigkeit* erfahren hat.

Unter Nr. 7 haben wir ein Seilende beigegeben, welches der Seilmitte bei Ablegung des Seiles entnommen ist. Ein Vergleich in der Tragfähigkeit mit dem gleichzeitig abgehauenen unteren Seilende (Nr. 5) sowie mit dem unbeanspruchten Seilstück (Nr. 7) wird hier von Interesse sein.

Das Seil ist am 9. August d. J. abgelegt, weil in Folge der an drei verschiedenen, ca. 100 m von einander entfernten Stellen bemerkten Schadhaftigkeit von 2, bezw. 3, bezw. 5 Drähten, und in Rücksicht auf die Zeitdauer, während welcher das Seil gelaufen war, nicht mehr die erforderliche Sicherheit bei der Menschenbeförderung gewährleistet war."

Tabelle 15. **Ergebnisse der Zug-**

Lfd. Nr. der Seile	Einsender der Seile	Bezeichnung des Seiles durch den Einsender	Bezeichnung des Abschnittes durch die Anstalt	Angaben des Bergamtes über die Inanspruchnahme der Seile. Betriebsdauer	Förderleistung: Zahl der Lasthebungen	Förderleistung: geförderte Last Ctr.	Aussehen der Proben vor der Prüfung	Abmessungen der Proben: gemessener Umfang mm	Abmessungen der Proben: berechneter Durchmesser mm	Gewicht für 1 m Seil kg
2	Königl. Berginspektion in Borgloh	—	—	—	—	—	Drähte stark geroſtet, Hanfſeele verrottet	92,5	29,4	2,94
3	Königl. Berginspektion Clausthal, Seile des Ottiliae-Schachtes	hohe Seil	—	vom 9./II. 1884 bis 3./IV. 1884	4040	80800	Drähte geroſtet, Hanfſeele faſt vollſtändig verrottet, Aeußerlich 3 alte Drahtbrüche zu erkennen	75,0	23,9	1,98
4				vom 9./II. 1884 bis 21./VI. 1884	88977	1779540	Drähte geroſtet, Hanfſeele faſt vollſtändig verrottet	75,0	23,9	2,03
5		niedrige Seil		vom 20./XI. 1882 bis 9./IV. 1884	31961	639220	desgl.	74,0	23,6	1,98
6				vom 20./XI. 1882 bis 21./VI. 1884	36814	736280	desgl. und mehrere alte Drahtbrüche	75,0	23,9	1,97
7	Königl. Berginspektion Ibbenbüren	oberſchlägig	—	—	—	—	Drähte geroſtet, Hanfſeele zum Theil verrottet	85,0	27,1	2,50
8		unterſchlägig						85,0	27,1	2,50
12	Königl. Berginspektion in Borgloh	—	—	—	—	—	desgl.	91,0	29,0	2,94
13								84,5	26,9	2,42
9	Königl. Berginspektion in Obernkirchen	R 1	A	—	—	—	Drähte ſtark geroſtet; Hanfſeele verrottet; zahlreiche Drahtbrüche und Fehlſtellen	88,0	28,0	2,81
			C	—	—	—		89,0	28,4	2,79
			E	—	—	—		88,0	28,0	2,79
10		R 2	A	—	—	—	Drähte ſtark geroſtet; Hanfſeele verrottet	88,0	28,0	3,02
			B	—	—	—		88,0	28,0	2,92
			C	—	—	—		88,0	28,0	2,93
			E	—	—	—		88,0	28,0	2,89
11		R 3	A	—	—	—	Drähte ſtark geroſtet; Hanfſeele verrottet	90,0	28,7	2,91
			C	—	—	—		91,0	29,0	2,93
			E	—	—	—		91,0	29,0	2,89

Versuche mit abgelegten Drahtseilen.

Bei 700 kg Anfangsbelastung Dehnungen in % unter den nachstehenden Belastungen in kg								Bleibende Dehnung in % nach den folgenden Belastungen in kg		Bruchfestigkeit		Bemerkungen über die gerissenen Theile des Seiles und Lage des Bruches
1300	2700	4000	7600	11200	14800	18400	22000	2700	4000	Bruchlast kg	Reißlänge km	
0,04	0,13	0,19	0,40	0,52	0,65	0,80	0,96	0,03	0,04	39250	13,37	2 Litzen frei.
0,02	0,08	0,14	0,34	0,55	0,78	—	—	0,01	0,02	24500	12,37	1 Litze frei und mehrere Drahtbrüche.
0,02	0,08	0,11	0,28	0,41	0,59	0,80	1,17	0,00	0,00	26500	13,05	3 Litzen frei.
0,02	0,12	0,20	0,40	0,58	0,80	1,09	1,48	0,02	0,03	25500	12,88	2 Litzen frei.
0,03	0,11	0,19	0,39	0,61	0,82	1,07	1,43	0,01	0,03	25250	12,82	1 Litze an der Stelle mit alten Drahtbrüchen.
0,02	0,09	0,13	0,27	0,41	0,56	0,69	0,87	0,01	0,01	32750	13,10	3 Litzen an der Einspannung.
0,03	0,11	0,18	0,33	0,48	0,62	0,78	0,95	0,02	0,03	31750	12,70	3 Litzen an der Einspannung.
0,01	0,03	0,05	0,13	0,23	0,31	0,41	0,55	0,00	0,00	39750	13,52	3 Litzen frei.
0,02	0,08	0,12	0,25	0,38	0,52	0,69	0,90	0,02	0,02	31250	12,91	2 Litzen frei.
0,04	0,14	0,22	0,37	0,51	0,71	1,29	—	0,08	0,09	18800	6,69	3 Litzen an der Einspannung.
0,02	0,12	0,19	0,34	0,48	0,63	1,07	—	0,06	0,09	19900	7,13	2 Litzen frei.
0,03	0,11	0,18	0,32	0,43	0,63	1,19	—	0,03	0,07	18750	6,73	3 Litzen frei.
0,01	0,07	0,12	0,23	0,38	0,59	—	—	0,02	0,03	18400	6,10	4 Litzen frei.
0,02	0,07	0,11	0,23	0,34	0,53	—	—	0,02	0,03	17500	5,99	4 Litzen frei.
0,03	0,12	0,18	0,31	0,43	0,67	—	—	0,03	0,07	18400	6,28	4 Litzen frei.
0,03	0,13	0,19	0,33	0,46	0,66	—	—	0,04	0,07	16750	5,80	3 Litzen frei.
0,02	0,11	0,17	0,31	0,43	0,56	—	—	0,03	0,07	36500	12,20	3 Litzen frei.
0,03	0,11	0,17	0,31	0,42	0,56	0,68	0,84	0,03	0,07	35750	12,20	4 Litzen frei.
0,02	0,07	0,12	0,24	0,39	0,48	0,60	0,75	0,03	0,04	35200	12,18	4 Litzen frei.

Lfd. Nr. der Seile	Einsender der Seile	Bezeichnung des		Angaben des Bergamtes über die Inanspruchnahme der Seile.			Aussehen der Proben vor der Prüfung	Abmessungen der Proben		Gewicht für 1 m Seil
		Seiles durch den Einsender	Abschnittes durch die Anstalt	Betriebsdauer	Förderleistung: Zahl der Lasthebungen	Förderleistung: geförderte Last Ctr.		gemessener Umfang mm	berechneter Durchmesser mm	kg
14	Königliche Berginspektion Staßfurt	1	A	vom 30./III. 1884 bis 13./VII. 1884	20400	50890	Drähte stark gerostet; Hanfseele fast vollständig zerfallen; 1 alter Drahtbruch	118,0	37,6	4,42
			B				Drähte stark gerostet; Hanfseele fast vollständig zerfallen	118,0	37,6	4,65
			C					118,0	37,6	4,57
15		2	A	vom 30./III. 1884 bis 12./X. 1884	39296	944215	desgl.	116,0	37,0	4,28
			C					115,0	36,6	4,36
			E				desgl. und 1 alter Drahtbruch	116,0	37,0	4,37
			G				desgl. und 3 alte Drahtbrüche	116,0	37,0	4,40
16		3	A	vom 30./III. 1884 bis 11./I. 1885	50454	1261210	Drähte stark gerostet; Hanfseele fast vollständig zerfallen	116,0	37,0	4,37
			C					115,0	36,6	4,34
			E					115,0	36,6	4,38
17		4	A	vom 30./III. 1884 bis 29./IV. 1885	71765	1766677	desgl. und 1 alter Drahtbruch	118,0	37,6	4,50
			C				wie bei 16	118,0	37,6	4,42
			G				wie bei A	117,0	37,3	4,50
18		5 unteres Ende	A	vom 30./III. 1884 bis 9./VIII. 1885	91472	2277640	Drähte stark gerostet; Hanfseele fast vollständig zerfallen; A mit 10 / B „ 9 / C „ 2 } alten Drahtbrüchen	115,0	36,6	4,32
			B					115,0	36,6	4,28
			C					115,0	36,6	4,22
19		6	A	vom 30./III. 1884 bis 9./VIII. 1885	Den „Reserve-Umschlägen“ entnommen, die nie von der Seiltrommel abgelaufen waren		Drähte gerostet; Hanfseele fast vollständig zerfallen	116,0	37,0	4,30
			C					115,0	36,6	4,36
			E					116,0	37,0	4,34
20		7 aus Mitte Seil entnommen	A	vom 30./III. 1884 bis 9./VIII. 1885	91472	2277640	Drähte stark gerostet; Hanfseele fast vollständig zerfallen	115,0	36,6	4,63
			C					115,0	36,6	4,35
			D				desgl. mit 3 alten Drahtbrüchen	116,0	37,0	4,34

Bei 1000 kg Anfangsbelastung Dehnungen in % unter den nachstehenden Belastungen in kg								Bleibende Dehnung in % nach den folgenden Belastungen in kg		Bruchfestigkeit		Bemerkungen über die gerissenen Theile des Seiles und Lage des Bruches.
2700	5400	8000	16000	24000	32000	40000	48000	5400	8000	Bruchlast kg	Reißlänge km	
—	—	0,27	0,67	0,90	1,17	1,52	2,53	0,0	0,0	49500	11,20	2 Litzen an der Einspannung.
0,06	0,17	0,27	0,53	0,80	1,07	1,45	2,34	0,06	0,11	49500	10,65	1 Litze frei.
0,07	0,18	0,27	0,49	0,72	0,97	1,32	2,21	0,07	0,09	49000	10,72	1 Litze frei.
0,09	0,23	0,32	0,56	0,80	1,05	1,46	—	0,10	0,16	46500	10,86	3 Litzen frei und mehrere Drähte.
0,05	0,14	0,21	0,45	0,68	0,93	1,31	—	0,04	0,08	49000	11,24	3 Litzen an der Einspannung.
0,02	0,11	0,17	0,40	0,61	0,88	1,29	—	0,01	0,03	47500	10,87	4 Litzen frei.
0,03	0,11	0,19	0,40	0,60	0,86	1,22	—	0,04	0,07	49000	11,14	4 Litzen frei und mehrere Drähte.
0,08	0,21	0,31	0,56	0,81	1,09	—	—	0,09	0,12	42500	9,73	3 Litzen frei.
0,07	0,15	0,24	0,49	0,72	1,01	1,46	—	0,07	0,11	44500	10,25	4 Litzen frei und mehrere Drähte.
0,06	0,16	0,22	0,46	0,67	0,91	—	—	0,06	0,09	47000	10,73	3 Litzen frei und mehrere Drähte.
0,07	0,15	0,22	0,43	0,64	0,91	—	—	0,07	0,10	49000	10,89	2 Litzen frei und mehrere Drähte.
0,09	0,22	0,36	0,60	0,81	1,10	1,44	—	0,12	0,17	52000	11,77	3 Litzen frei.
0,10	0,19	0,28	0,49	0,70	0,97	1,31	—	0,07	0,11	51500	11,44	die verletzte Litze frei.
0,06	0,19	0,30	0,60	0,85	—	—	—	0,09	0,15	39500	9,15	3 Litzen frei und mehrere Drähte.
0,11	0,25	0,37	0,66	0,92	1,31	—	—	0,15	0,19	40500	9,46	2 Litzen frei und mehrere Drähte.
0,07	0,20	0,31	0,58	0,83	—	—	—	0,09	0,14	41500	9,85	4 Litzen frei und mehrere Drähte.
0,09	0,17	0,24	0,41	0,60	0,84	—	1,90	0,07	0,08	52000	12,09	3 Litzen an der Einspannung frei.
0,03	0,09	0,16	0,34	0,53	0,78	1,13	1,96	0,01	0,03	50000	11,47	desgl.
0,09	0,18	0,27	0,43	0,63	0,90	1,27	2,02	0,08	0,09	51000	11,75	2 Litzen an der Einspannung frei.
0,04	0,18	0,32	0,61	0,82	1,10	1,40	2,26	0,08	0,17	49000	10,60	4 Litzen frei.
0,09	0,21	0,32	0,57	0,78	1,02	1,32	—	0,11	0,16	49500	11,38	2 Litzen an der Einspannung.
0,08	0,21	0,32	0,62	0,88	1,13	1,47	—	0,11	0,16	46500	10,71	die verletzte Litze frei.

Bei den Proben 5 und 6, Abschnitte des zweiten Seiles, waren die Betriebsleistungen nur wenig von einander verschieden, sie betrugen 31961 und 36814 Lasthebungen. Beide Abschnitte zeigen daher auch wohl aus diesem Grunde annähernd gleiche Festigkeit und gleiche Dehnungen.

Die zweite Sendung, für die statistische Angaben vorliegen, umfaßt die Proben 14—20, und zwar sind alle diese Proben einem und demselben Seil entnommen, so daß die für sie erhaltenen Ergebnisse zur Feststellung des Einflusses der Betriebsdauer und Inanspruchnahme auf die Festigkeitseigenschaften des Seiles unmittelbar unter einander verglichen werden können.

Um diesem Vergleich zu erleichtern, sind die Mittelwerthe für die derselben Probe entnommenen Abschnitte gebildet und in Tab. 16 für sich zusammengestellt. In der letzten Spalte

Tabelle 16. **Mittelwerthe für die Seilproben 14—20.**

Probe Nr.	Geförderte Last Ctn.	Gewicht für 1 m Seil kg	Bei 1000 kg Anfangsbelastung Dehnung in % unter den nachstehenden Belastungen in kg								Bleibende Dehnungen in % nach den Belastungen in kg		Bruchfestigkeit	
			2700	5400	8000	16000	24000	32000	40000	48000	5400	8000	Absolut kg	Verhältnißzahlen %
19	Reserveumschlag	4,33	0,07	0,15	0,22	0,39	0,59	0,84	1,20	1,96	0,05	0,07	51000	100
14	50890	4,55	0,07	0,18	0,27	0,56	0,81	1,07	1,43	2,36	0,04	0,07	49333	97
15	944215	4,37	0,05	0,15	0,22	0,45	0,67	0,93	1,32	—	0,05	0,09	48000	94
16	1261210	4,36	0,07	0,17	0,26	0,50	0,73	1,00	(1,46)	—	0,07	0,11	43667	86
17	1766677	4,44	0,09	0,19	0,29	0,51	0,72	0,99	(1,38)	—	0,09	0,13	50833	100
18[1]	2277640	4,27	0,08	0,21	0,33	0,61	0,87	(1,31)	—	—	0,11	0,16	40500	79
20[2]		4,44	0,07	0,20	0,32	0,60	0,83	1,08	1,40	(2,26)	0,10	0,16	48333	95

dieser Tabelle sind Verhältnißzahlen für die Zugfestigkeiten der Proben aufgeführt. Bei Berechnung dieser Werthe wurde die Festigkeit der Probe 19 gleich 100 gesetzt, weil diese Probe nach Angabe des Bergamtes, welches die Seile eingesandt hatte (vergl. Tab. 14), die auf der Seiltrommel gelegenen Reserveumschläge des ganzen Seiles gebildet hatte, und daher wohl dem ursprünglichen Seil als gleichwerthig erachtet werden kann.

Aus den Verhältnißzahlen für die Proben 14—18, welche sämmtlich dem unteren Seilende entnommen sind, ergiebt sich,

daß die Festigkeit dieses Seiles am unteren Ende, d. h. unmittelbar über der Förderschale, mit wachsender Betriebsleistung stetig abgenommen hat und zwar annähernd proportional der geförderten Last.

Eine auffallende nicht erklärte Ausnahme bildet die Probe 17, welche sogar nach der Förderung von 1766677 Ctr. noch die gleiche Festigkeit aufweist wie der Reserveumschlag.

Die bleibenden Dehnungen sowie die Dehnungen für gleiche Belastungen sind bei Probe 14 nahezu die gleichen wie für die Probe 19; bei den Proben 15—18 nehmen beide und besonders deutlich die bleibenden Dehnungen zu, je mehr das Seil im Betriebe beansprucht war.

[1]) Unteres Seilende. [2]) Aus Mitte Seil entnommen.

Schließlich ist noch hervorzuheben, daß von den beiden Proben 18 und 20, welche beide gleiche Lastförderungen leisteten, die Probe 20 eine erheblich größere Bruchlast aufweist als die Probe 18. Da die erstere aus der Mitte des Seiles und 18 am unteren Seilende entnommen ist, so dürfte der Unterschied in der Festigkeit beider Seile wohl als Bestätigung dafür angesehen werden können,

daß die Beschädigung der Seile bei gleicher Betriebsleistung besonders an dem unteren Seilende eintritt.

Trifft dies allgemein zu, auch wenn die unteren Seilenden nicht etwa unter der Einwirkung saurer Grubenwässer oder sonstiger äußerer Einflüsse gelitten haben, so wäre hiermit dargethan,

daß die Sicherheit des Seilbetriebes als gewährleistet zu erachten ist, so lange die dem unteren Seilende entnommenen Kontrolproben eine befriedigende Seilfestigkeit ergeben.

f) Untersuchungen mit 17 neuen Drahtseilen.

Unabhängig von den im Vorstehenden besprochenen und im besonderen Auftrage des Herrn Ministers der öffentlichen Arbeiten ausgeführten Untersuchungen bot ein Auftrag des Herrn Drahtseilfabrikanten C. Klauke zu Müncheberg auf Prüfung von 17 Drahtseilen Gelegenheit, mit den Probenresten, die bei den amtlichen Untersuchungen erübrigt waren, im wissenschaftlichen Interesse „Untersuchungen über die Beziehungen zwischen der Zugfestigkeit von Drahtseilen einerseits und deren Konstruktion und den Festigkeitseigenschaften des Materials andererseits" anzustellen.

Eine eingehende Besprechung dieser Untersuchungen habe ich bereits in den „Mittheilungen" Jahrgang 1889, Seite 128, veröffentlicht[1]). Daher mögen unter Hinweis auf die ältere Veröffentlichung hier nur die Schlußergebnisse kurz nochmals zusammengefaßt sein, welche sich aus der Gegenüberstellung der für die einzelnen Litzen und Seile unmittelbar durch den Versuch erhaltenen und der aus den Drahtfestigkeiten und aus der Anzahl der Drähte errechneten Festigkeiten ergaben. Zum leichteren Verständniß der im Nachstehenden angewendeten Benennungen muß ich jedoch Folgendes vorausschicken. Die Untersuchungen erstreckten sich auf Kabelseile und Rundschlagseile. Beide Seilarten unterscheiden sich dadurch von einander, daß die Drähte in den Litzen (d. h. in den Hauptgliedern des Seiles) beim Rundschlag in zwei Lagen konzentrisch um eine Kerneinlage angeordnet sind, während sie beim Kabelschlag zu gleichen Theilen zunächst zu dünneren Litzen („Nebenlitzen") mit konzentrischen Drahtlagen zusammengefaßt sind, aus denen dann erst die „Hauptlitze" gebildet ist.

Die Kerneinlage bei den Litzen der Rundschlagseile und bei den Nebenlitzen der Kabelseile bestand bei den Probeseilen entweder aus einem einzelnen Draht, der mit „Kerndraht" bezeichnet ist, oder aus mehreren „Kerndrähten" oder aus einer Hanfeinlage, „Hanfseele" genannt.

Von den beiden konzentrischen Lagen in den Litzen der Rundschlagseile ist die äußere mit „Decklage", ihre Drähte sind mit „Deckdrähte" und die Drähte der inneren Lage mit „Drähte zweiter Lage" bezeichnet. Bei drei der Kabelseile waren die Hauptlitzen zunächst mit Bindfaden umwickelt und dann erst zum Seil vereinigt.

---

[1]) Rudeloff: „Untersuchungen über die Beziehungen zwischen der Zugfestigkeit von Drahtseilen einerseits und der Konstruktion und Material andererseits."

Die erzielten Ergebnisse sind nun folgende:

1. Die Zugfestigkeit der aus einem Kerndraht und 6 Deckdrähten bestehenden Nebenlitzen der Kabelseile war um 2—10 % größer als die Summe der Zugfestigkeit der 7 Drähte; die Zugfestigkeit der ebenfalls siebendrähtigen Litzen aus den Rundschlagseilen blieb jedoch um im Mittel 1,7 % hinter der berechneten Festigkeit zurück.
2. Durch den Hinzutritt von 12 Deckdrähten zu den inneren 7 Drähten wurde das Verhältniß der ermittelten zur berechneten Zugfestigkeit der Litzen nicht geändert.
3. Die Festigkeiten der Hauptlitzen aus den Kabelseilen und der Kabelseile selbst blieben hinter den berechneten Werthen zurück und zwar war der Ausfall an Festigkeit bei allen drei Seilkonstruktionen für die Seile größer als für die Litzen.
4. Die Rundschlagseile erreichten die aus der Anzahl der Drähte und deren eigenen Festigkeit berechnete Bruchlast ebenfalls nicht. Der Ausfall an Festigkeit war jedoch bei den Rundschlagseilen geringer als bei den Kabelseilen.
5. Bei gleicher Konstruktion aber verschiedenem Drahtdurchmesser zeigten Kabelseile aus dünneren (0,5 mm) Drähten mit höherer spezifischer Zugfestigkeit einen größeren Festigkeitsausfall als solche aus dickeren Drähten (0,8 mm) mit geringerer spezifischer Zugfestigkeit. Da nun
6. auch die Bruchlasten der Kabelseile aus Drähten geringerer spezifischer Zugfestigkeit der errechneten Bruchlast näher kamen als bei Seilen aus festerem Material, während Unterschiede im Drahtdurchmesser sich bei gleicher Materialfestigkeit bei der für die Seile erzielten Bruchlast nicht geltend machten, so dürfte hierin dargethan sein, daß die Ausnutzung der Drahtfestigkeit im Seil bei härterem Material kleiner ist als bei weicherem Material. Die Ursache zu dieser Erscheinung dürfte in der größeren Empfindlichkeit des härteren Materials gegen seitlichen örtlichen Druck an den Kreuzungsstellen der einzelnen Drähte liegen, weil
7. Seile mit Hanfseele, bei denen also die Drähte geringeren Druck auf einander ausübten, eine bessere Ausnutzung der Drahtfestigkeit zeigten, als Seile ohne Hanfseele.

Für die Redaktion verantwortlich: A. Martens. — Verlag von Julius Springer in Berlin.

Druck von E. Buchbinder in Neu-Ruppin.

THE NEW YORK PUBLIC LIBRARY
ASTOR, LENOX AND TILDEN FOUNDATIONS

Mittheilungen
aus den
Königlichen technischen Versuchsanstalten
zu Berlin.
Herausgegeben im Auftrage
der Königlichen Aufsichts-Kommission.

XV. Jahrgang. 1897. Fünftes Heft.

1. Cementuntersuchungen aus dem Betriebsjahre 1896/97.

Vom Vorsteher der Abtheilung für Baumaterialprüfung, Ingenieur M. Gary.

In Verfolg der Veröffentlichung der Cementuntersuchungen aus den Betriebsjahren 1893/94 bis 1895/96[1]) enthalten die nachstehenden Tabellen die Ergebnisse der Prüfungen von Cement im Betriebsjahre 1896/97 unter derselben Anordnung und Bezeichnung, wie sie dort aufgestellt und begründet wurde.

Bei Besprechung der neuen Versuche muß die frühere Veröffentlichung der Versuchsergebnisse mit Cementen der Betriebsjahre 1879/80 bis 1895/96 (in Heft 5/6 Jahrg. 1896 S. 256 der „Mittheilungen") berücksichtigt werden.

Aus den Veröffentlichungen des Vereins deutscher Portland-Cementfabrikanten ist bekannt, daß die Produktion der großen Fabriken im ständigen Steigen begriffen ist, entsprechend der wachsenden Verwendung von Portland-Cement für die verschiedensten Bauzweige.

Von vornherein waren die Anforderungen, die die deutsche Portland-Cementindustrie an ihre Produkte stellte, sehr hohe, viel höher als in den Konkurrenzländern, wie sich aus nachstehender Zusammenstellung ergiebt:

Es fordern:	Zugfestigkeit kg/qcm				Druckfestigkeit kg/qcm			
	Reiner Cement		Mörtel 1 + 3		Reiner Cement		Mörtel 1 + 3	
	7 Tage	28 Tage	7 Tage	28 Tage	7 Tage	28 Tage	7 Tage	28 Tage
Rußland	20	25	5	8	—	—	—	—
Frankreich	20	35	8	15	—	—	—	—
England	25	35	8	15	—	—	—	—
Oesterreich	—	—	10	15	—	—	—	150
Norwegen	32	40	11	15	—	—	—	—
Schweiz	—	—	—	16	—	—	—	160
Deutschland	—	—	—	16	—	—	—	160

Hiernach stellt nur die Schweiz dieselben Anforderungen an die Festigkeit wie Deutschland; die Schweiz arbeitet aber mit anderem, höhere Festigkeit ergebenden Normalsand und benutzt ein anderes, ebenfalls höhere Festigkeitswerthe, namentlich höhere Druckzahlen ergebendes Rammverfahren.

Waren somit die Anforderungen, die in Deutschland seit 1887 an die Normenfestigkeit gestellt wurden, vergleichsweise an sich schon sehr hohe, so begnügte sich die deutsche Cementindustrie doch nicht damit, diese Anforderungen zu erfüllen, sondern es machte sich sehr bald

[1]) Mittheilungen 1896, S. 256 ff.

ein Wettbewerb in Bezug auf Erhöhung der Festigkeit, namentlich der Zugfestigkeit bemerkbar, was bei den bekannten Eigenschaften der Portland-Cemente auf die allgemeine Verwendbarkeit der Cemente ungünstig wirkt.

Namentlich wurde bis zum Jahre 1890 auf Steigerung der Festigkeit hingearbeitet, und erst im Jahre 1891 konnte der Vorsitzende des Vereins deutscher Portland-Cementfabrikanten, Dr. Delbrück, in der Generalversammlung des Vereins konstatiren, daß „in dem Streben nach Erhöhung der Zug- und Druckfestigkeit eine etwas rückläufige Stimmung eintrat. Die außerordentliche Werthschätzung sehr hoher Zug- und Druckfestigkeiten seitens des konsumirenden Publikums hat ein klein wenig nachgelassen, weil man wohl die Erfahrung gemacht hat, daß sich die übrigen Eigenschaften der Cemente mit den hoch gesteigerten Festigkeiten nicht nach allen Richtungen decken" [1]).

Seit dieser Zeit haben sich die deutschen Portland-Cemente — wie aus den weiter unten aufgeführten Kurven hervorgeht — mehr und mehr den Normengrenzen genähert. Diese Aenderung scheint bis zu den Ergebnissen der Versuche des Jahres 1896/97 gesetzmäßig zu verlaufen, wie weiter unten noch näher ausgeführt werden wird.

In den Tabellen, welche diese Ergebnisse enthalten, sind die Rubriken über Raumbeständigkeit neu hinzugekommen (Spalte 22, 23 und 24 der Tabellen).

Um einen Ueberblick über den Werth der sogenannten beschleunigten Raumbeständigkeitsproben zu gewinnen, sind alle Cemente nicht nur nach den Normen, sondern auch mit Hülfe der Darrprobe, der Glühprobe und der Kochprobe auf Raumbeständigkeit geprüft worden.

Auf die Ausführung dieser Versuche und ihre Ergebnisse soll weiter unten näher eingegangen werden.

In den Spalten für das Raumgewicht der Zug- und Druckproben (Sp. 17 u. 20 der Tab.) sind bei den bis zum Dezember 1896 ausgeführten Prüfungen die Raumgewichte der frisch entformten Proben enthalten. Vom Dezember an wurden die für die Bestimmung der Raumgewichte ausgewählten Proben erst nach 24 Stunden Erhärtung gewogen, weil sich herausstellte, daß die frisch gewogenen Proben regelmäßig geringere Festigkeit aufwiesen als die nicht gewogenen, so daß sie von der Berechnung der Mittelwerthe ausgeschlossen werden mußten.

Die nach 24 Stunden ermittelten Raumgewichte sind in den Tabellen durch ein Sternchen (*) gekennzeichnet. Der Rauminhalt J_m der neuen Formen, die jetzt ausschließlich für die Normenprüfung Verwendung finden, ist durchschnittlich auf 68,6 ccm für die Zugproben und auf 355 ccm für die Druckproben ermittelt worden.

Die Eintragungen in die Tabellen sind wieder getrennt in:

1. Cemente, welche von ihren Fabrikanten eingereicht wurden, mit dem Index 1 an der Bezeichnung in Spalte 2 versehen;
2. Cemente, welche von Konsumenten und Händlern eingereicht wurden, mit dem Index 2 an der Bezeichnung in Spalte 2 versehen;
3. Cemente, deren Ursprung der Versuchsanstalt nicht bekannt ist.

Die Zahl der unter 3. aufgeführten Cementmarken hat sich verringert, da die Versuchsanstalt erhöhten Werth darauf legt, den Ursprung der geprüften Cemente festzustellen und damit den Ueberblick über den Stand der Fabrikation in den einzelnen Fabriken — so weit die Normenprüfung ein Urtheil gestattet — zu erweitern.

Die nichtdeutschen Cemente sind in Spalte 2 nach ihrem Ursprungsland kenntlich gemacht.

Die Nicht-Portland-Cemente sind unter „Bemerkungen" besonders gekennzeichnet.

[1]) Protokoll der Verhandlungen 1891 S. 66.

Wegen der Ausführung der Versuche auf allgemeine Eigenschaften sowie auf Zug- und Druckfestigkeit gilt das bereits früher Gesagte. Aenderungen sind und werden hierin nicht vorgenommen, solange nicht die „Normen" eine Aenderung erfahren.

Der zu den Normen-Festigkeitsversuchen vom November 1896 an verwendete Normalsand hatte folgende Eigenschaften:

Litergewicht im lose eingefüllten Zustande im Mittel aus 5 Versuchen R_l = ...	1,390 kg
Litergewicht im eingerüttelten Zustande im Mittel aus 5 Versuchen R_r = ...	1,683 „
Spezifisches Gewicht im Mittel aus 2 Versuchen s = .	2,641 „
Dichtigkeitsgrad $d_r = \frac{R_r}{s}$ = ...	0,637 „
Undichtigkeitsgrad $u_r = 1 - \frac{R_r}{s}$	0,363 „ (durch Berechnung) 0,344 „ (durch Messung).
Feinstes, welches das 120 Maschensieb mit der Maschenweite 0,612 mm und der Drahtstärke 0,30 mm passirte[1]), bei gewöhnlicher Siebung	5,5 %
Rückstand auf dem 81 Maschensieb	21,24 „
„ „ „ 60 „	0,54 „
Abschlämmbare Bestandtheile (in Salzsäure unlöslich) .	0,04 „
Glühverlust	0,09 „
Kalk (CaO)	0,013 „
Kieselsäure	98,78 „

Die früher verwendeten Normalsande sind in dieser ausführlichen Weise nicht geprüft worden, weil ein Bedürfniß hierfür nicht vorzuliegen schien.

Der im Februar 1896, bez. im Juli 1896 bezogene und zu einem Theil der im Betriebsjahr 1896/97 ausgeführten Versuche verwendete Normalsand hatte bei nachträglicher Prüfung folgende Eigenschaften:

	Sand vom Februar	Sand vom Juli	
Litergewicht im lose eingefüllten Zustande R_l =	1,399 kg	1,399 kg	
„ „ eingerütteltem „ R_r =	1,677 „	1,677 „	
Spezifisches Gewicht s = ...	2,640 „	2,640 „	
Dichtigkeitsgrad $d_r = \frac{R_r}{s}$ = ...	0,635 „	0,635 „	
Undichtigkeitsgrad $u_r = 1 - \frac{R_r}{s} = u_r$ . .	0,365 „	0,365 „	(durch Rechnung)
Feinstes, welches das 120 Maschensieb mit 0,255 mm Drahtstärke bei gewöhnlicher Siebung passirte	23,6 %[2])	6,8 %	
Abschlämmbare Bestandtheile	0,09 „	0,065 „	

[1]) Ein den Normen in Bezug auf Maschenweite und Drahtstärke genau entsprechendes 120 Maschensieb hat bis jetzt im Handel nicht aufgefunden werden können.

[2]) Der großen Menge des Siebfeinsten wegen wurde dieser Normalsand beanstandet, die Prüfung ergab indessen, daß keine Beeinflussung der Festigkeitsergebnisse von praktischer Bedeutung stattfand, vermuthlich, weil die durch das 120 Maschensieb gefallenen Körner nur unwesentlich kleiner, als die vorgeschriebene Maschenweite waren.

Cementuntersuchungen aus

Die oberen mit liegenden Ziffern gedruckten Zahlen der

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.				
Laufende Nr.	Cement-Marke	Spec. Gew. des geglühten Cementpulvers	Glühverlust des Cementpulvers %	Ein Liter Cement wog a. eingelaufen b. eingerüttelt kg	Wasser im reinen Cement: für syrupartige Beschaffenheit %	Wasser im reinen Cement: für die Abbindeprobe %	Abbindeproben: Abbindezeit: a. Beginn b. Vollendung der Erhärtung Std.	Abbindeproben: Wärme-Erhöhung beim Abbinden C°	Abbindeproben: Wärme: der Luft C°	Abbindeproben: Wärme: des Wassers C°	Abbindeproben: Luftfeuchtigkeit %	Siebrückstände auf Maschen für 1 qcm: 5000 %	900 %	600 %	324 %	180 %
1	a_1	3,172	0,63	1,302 2,053	32,5	26,5	2 50 6 50	1	16	16	45	10,0	0,2	0,0	—	—
2	a_2	3,106	2,31	1,213 1,968	34	27,2	12 Min. 27 Min.	4	16	16	78	13,5	1,6	0,6	0,1	0,0
3	P_2	3,117	1,54	1,280 1,988	31,5	24,7	10 Min. 1 45	3	17	17	60	12,0	0,2	0,0	—	—
4	„	3,090	1,88	1,229 1,986	33,5	26,6	2 6 15	2	17	15,8	71	10,0	0,5	0,0	—	—
5	„	3,055	2,15	1,296 2,000	32,5	25,6	45 Min. 2 45	3,2	16,3	15,5	77	20,0	1,8	0,2	0,0	—
6	T_1	—	—	1,218 1,996	33,5	26,5	3 45 7 20	1,7	16,5	16	56,5	16,0	0,6	0,15	0,0	—
7	T_2	3,132	1,92	1,305 2,080	33	26,2	4 40 7 40	1	17	17	60	20,0	2,0	0,4	0,0	—
8	XXIII_2	3,125	1,30	1,375 2,125	31	22,6	2 5 7 10	2	16	16	55	24,0	4,0	2,0	0,4	0,0
9	„	3,167	0,44	1,236 1,980	35	27,5	5 Min. 13 Min.	9,5	19	18,5	80	7,0	0,0	—	—	—
10	W_1	3,052	1,96	1,302 2,048	—	—	—	—	—	—	—	18,0	4,0	2,0	0,6	0,0
11	„	3,132	1,09	1,253 2,011	33	25,6	2 45 5 30	0,9	19,2	18,7	87	17,0	1,9	0,5	0,15	0,0
12	W_2	3,077	1,58	1,225 1,983	33	25,8	41 Min. 6 21	1,75	17	17	50	20,0	2,2	0,2	0,0	—
13	„	3,075	2,01	1,099 1,763	40	31,4	1 15 8 15	2,2	19	18,5	78	16,0	0,0	—	—	—
14	VI_2	3,140	1,14	1,227 2,022	33,5	26,4	3 35 7 8	0,85	17	16,5	55	10,0	0,8	0,0	—	—
15	II_1	3,138	0,64	1,295 2,006	36	29,4	5 15 7 48	1,5	18	17	55	14,0	2,0	0,8	0,2	0,0
16	II_2	3,091	1,02	1,282 1,954	35	28	4 16 7 15	0,5	17	17	62,5	22,0	4,0	2,0	0,2	0,0
17	„	3,119	0,97	1,212 1,893	38	30	3 30 6 40	2	21	18	62,5	20,0	4,0	1,6	0,6	0,0
18	„	—	—	1,190 1,837	40	30,5	5 22 9	0,6	16	16,5	77	18,0	4,4	2,2	1,0	0,0
19	„	3,105	0,26	1,239 1,898	37,5	30,6	3 15 7 30	3,5	18	15	72	27,0	4,0	1,7	0,3	0,1

dem Betriebsjahre 1896/97.

Spalten 14 bis 20 beziehen sich auf reinen Cement.

14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.
1 Gewthl. Cement und 3 Gewthl. Normalsand							Raumbeständigkeitsproben				
Wasser in den Mörtelproben %	Zugproben f = 5 qcm σ_{+B} kg/qcm 7 Tage	Zugproben f = 5 qcm σ_{+B} kg/qcm 28 Tage	Zugproben f = 5 qcm Raumgew. n. d. Einschlagen G/J_m	Druckproben f = 50 qcm σ_{-B} kg/qcm 7 Tage	Druckproben f = 50 qcm σ_{-B} kg/qcm 28 Tage	Druckproben f = 50 qcm Raumgew. n. d. Einschlagen G/J_m	Normenprobe	Darrprobe	Glühprobe	Kochprobe	Bemerkungen
19	*43,6*	*45,1*	*2,155*	*265,1*	*317,5*	*2,170*					
9,5	17,0	21,6	2,211	119,7	175,8	2,221	bestanden	bestanden	schwache Risse	bestanden	—
9	8,3	14,5	2,303*	41,9	84,8	2,231*	„	Warzenbildung	bestanden	rissig und morsch	—
9	14,9	21,0	2,211	104,7	154,8	2,204	bestanden	bestanden	schwache Risse	bestanden	—
9	21,3	24,8	2,289	165,0	252,0	2,248	„	„	bestanden	„	—
17	*38,8*	*40,5*	*2,127**	*322,8*	*381,1*	*2,220**					
9	17,3	18,3	2,274*	122,0	180,5	2,206*	„	„	„	„	—
17,5	*54,2*		*2,127*								
9	20,9	26,3	2,274*	—	—	—	bestanden	bestanden	bestanden	bestanden	—
17,5	*64,3*	*56,5*	*2,169*	*506,6*	*572,0*	*2,203*					
9,5	17,9	19,8	2,197	159,3	208,3	2,203	„	„	schwache Risse	„	—
9	8,4	15,6	2,197	69,5	129,0	2,197	bestanden	bestanden	schwache Risse	bestanden	—
9,5	17,2	21,3	2,211*	131,5	188,8	2,234*	„	„	bestanden	„	—
9	17,3	18,8	2,197*	160,3	238,9	2,211*	—	bestanden	schwache Risse	stark gekrümmt, rissig	—
9	14,1	18,2	2,183	90,8	143,5	2,208	bestanden	„	bestanden	bestanden	—
9	12,6	16,0	2,183	76,4	114,0	2,197	„	leicht zerbrechlich	starke Risse	Netzrisse und gekrümmt	—
10	16,8	22,1	2,183	147,3	189,4	2,223	„	bestanden	bestanden	bestanden	—
9,5	18,3	22,3	2,183	147,4	220,4	2,220	bestanden	bestanden	schwache Risse	bestanden	—
9,5	17,2	22,2	2,211	168,2	250,4	2,223	bestanden	bestanden	schwache Risse	bestanden	—
9,5	14,4	17,2	2,183	122,1	186,5	2,211	„	„	„ „	Haar- u. Netzrisse, leicht gekrümmt	—
10	10,9	15,8	2,197	99,4	168,6	2,211	„	„	„ „	Netzrisse und Warzenbild.	—
10	13,5	18,5	2,183	128,0	184,3	2,197	„	„	bestanden	bestanden	—
10	—	15,0	2,274	—	122,9	2,172	(2 Kuchen Schwindrisse) bestanden	Warzenbildung, leicht zerbrechlich	leicht zerbrechlich	Netz- u. Kantenrisse, stark gekrümmt	—

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.				
Laufende Nr.	Cement-Marke	Spec. Gew. des geglühten Cementpulvers	Glühverlust des Cementpulvers %	Ein Liter Cement wog a. eingelaufen b. eingerüttelt kg	Wasser im reinen Cement für syrupartige Beschaffenheit %	für die Abbindeprobe %	Abbindeproben: Abbindezeit: a. Beginn b. Vollendung der Erhärtung Std.	Wärme-Erhöhung beim Abbinden C°	Wärme der Luft C°	Wärme des Wassers C°	Luftfeuchtigkeit %	Siebrückstände auf 5000 Maschen für 1 qcm %	900 %	600 %	324 %	180 %
20	p_2	3,105	1,34	1,285 1,984	33	26,2	18 Min. 1 5	2,25	17	17	65	18,0	2,0	1,4	0,4	0,0
21	England. XXIV$_1$	3,055	2,11	1,200 1,913	35	27,2	8 Min. 14,5 Min.	9	16	15,5	60	20,0	0,3	0,0	—	—
22	S_1	3,105	1,21	1,337 2,075	31	25	7,5 Min. 12,5 Min.	6,5	17	17	55	14,0	0,4	0,0	—	—
23	„	—	—	1,364 2,074	32	26	—	—	—	—	—	22,0	0,9	0,2	0,0	—
24	s_1	—	—	0,915 1,558	46	35,7	2 Min. 4 „	23,5	18	17,5	68	36,0	10,0	4,0	1,8	0,0
25	s_2	3,138	0,53	1,395 2,170	30	23,5	3 52 7 15	1,5	16	16	55	24,0	4,0	2,0	0,2	0,0
26	XXV$_1$	3,123	1,00	1,280 2,077	33	25,6	4 55 8 3	1,75	17,5	17	52,5	14,0	0,8	0,4	0,2	0,0
27	o_1	3,108	1,79	1,155 1,800	34,5	27,1	26 Min. 1 20	5	17	17	65	10,0	1,0	0,2	0,0	—
28	„	3,137	1,79	1,231 2,037	36	28	3 6 45	2	19,8	19,5	66	13,0	1,2	0,2	0,1	0,0
29	y_1	—	—	0,580 0,985	77,5	56,3	1 51 7 53	1,25	19,3	18,5	65	16,0	2,0	0,6	0,2	0,0
30	VII$_2$	3,093	1,59	1,255 1,924	32,5	25,3	21 Min. 4 20	4	20,5	18	62	20,0	2,0	0,4	0,0	—
31	XXVI$_2$	2,953	3,37	1,103 1,808	35	27,8	11,5 Min. 1 13	3	20	19	60	16,0	4,0	2,0	0,6	0,0
32	„	2,958	3,74	1,120 1,794	35,5	27,8	2 15 6 15	0,5	16	17	68	17,0	4,4	1,5	0,9	0,2
33	Frankreich. XXVII$_2$	—	—	0,967 1,634	44,5	35	22 Min. 4 2	3,5	20,5	21,3	82	—	—	—	—	—
34	I_1	3,069	2,18	1,252 1,950	33,5	27,1	3 53 7 35	0,8	21,7	20,9	69	16,0	1,2	0,6	0,4	0,0
35	„	3,118	2,12	1,306 1,964	34	26,7	3 30 7 6	0,9	20,8	19,4	59	18,0	0,8	0,6	0,2	0,0
36	„	3,110	2,43	1,260 1,915	34	26,7	2 50 6 30	0,8	20,8	19,4	59	16,0	1,0	0,6	0,4	0,0

14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.
1 Gewthl. Cement und 3 Gewthl. Normalsand							Raumbeständigkeitsproben				
Wasser in den Mörtelproben %	Zugproben f = 5 qcm σ_{+B} kg/qcm 7 Tage	28 Tage	Raumgew. n. d. Einschlagen G/J_m	Druckproben f = 50 qcm σ_{-B} kg/qcm 7 Tage	28 Tage	Raumgew. n. d. Einschlagen G/J_m	Normenprobe	Darrprobe	Glühprobe	Kochprobe	Bemerkungen
9,5	14,8	17,3	2,197	94,3	170,1	2,225	bestanden	bestanden	schwache Risse	Haar- und Netzrisse	—
18,5	*37,9*	*44,4*	*2,099*	*309,8*	*406,4*	*2,132*					
10	11,6	15,0	2,132	91,1	154,7	2,220	bestanden	bestanden	schwache Risse	bestanden	—
	51,2[1])	*50,1*[2])	*47,0*[3])	*517,2*[1])	*565,8*[2])	*660,4*[3])					[1]) 3 Monate alte Proben
	19,3[1])	18,4[2])	20,5[3])	222,7[1])	249,3[2])	270,8[3])					[2]) 6 „ „ „
											[3]) 12 „ „ „
9	11,6	14,4	2,197	96,0	180,7	2,211	bestanden	bestanden	schwache Risse	Haar- und Netzrisse	—
8,75	14,4	20,3	2,289*	129,0	196,3	2,203*	„	—	—	—	—
30	*11,1*	*17,8*	*1,803**	*97,6*	*144,4*	*1,927**		einzelne			
14	2,6	5,5	2,183*	21,2	31,6	2,141*	—	Warzen sichtbar	bestanden	zu Brei zerkocht	Lfd. Nr. 24 ist ein Roman-Cement.
8,5	16,5	18,9	2,211	108,0	160,5	2,211	bestanden	bestanden	schwache Risse	bestanden	—
9	15,0	20,0	2,183	177,1	253,2	2,214					
9,5	16,2	21,0	2,183	169,6	256,7	2,220	bestanden	bestanden	schwache Risse	bestanden	—
10	15,4	20,5	2,183	162,8	216,5	2,239					
18	*46,5*	*47,7*	*2,113*								
9,5	18,3	21,6	2,183	—	—	—	bestanden	bestanden	schwache Risse	bestanden	Lfd. Nr. 27 mit norwegischem Normalsand.
18,5	*44,7*	*49,8*	*2,169*								
9,5	18,1	21,8	2,211	182,0	244,3	2,214	„	„	bestanden	„	—
13	20,8	27,7	2,113	100,6	179,1	2,155	—	—	—	—	—
9	18,8	20,1	2,197	150,9	247,5	2,197	bestanden	bestanden	schwache Risse	bestanden	—
18,5	*26,0*	*31,2*	*2,042*	*253,6*	*323,7*	*2,107*					
9,5	10,5	22,3	2,183	88,9	167,9	2,197	bestanden	bestanden	bestanden	bestanden	—
9,5	18,7	20,0	2,259	87,2	136,9	2,197	„	„	„	„	—
10	10,3	14,6	2,197	119,6	168,1	2,228	—	—	—	—	Lfd. Nr. 33 Ciment naturel.
17,5	—	*46,8*	*2,113*	—	*410,8*	*2,177*					
9,5	—	17,1	2,197	—	160,1	2,225	bestanden	bestanden	bestanden	bestanden	—
8	15,3	19,1	2,183	119,7	170,2	2,197	„	„	„	„	Lfd. Nr. 35 und 36 Wasserzusatz lt. Antrag.
8	12,9	17,7	2,183	107,9	144,3	2,206	„	„	„	„	

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.				
Laufende Nr.	Cement-Marke	Spec. Gew. des geglühten Cementpulvers	Glühverlust des Cementpulvers %	Ein Liter Cement wog a. eingelaufen b. eingerüttelt kg	Wasser im reinen Cement: für syrupartige Beschaffenheit %	für die Abbindeprobe %	Abbindeproben: Abbindezeit: a. Beginn b. Vollendung der Erhärtung Std.	Wärme-Erhöhung beim Abbinden C°	Wärme: der Luft C°	Wärme: des Wassers C°	Luftfeuchtigkeit %	Siebrückstände auf 5000 Maschen für 1 qcm %	900 %	600 %	324 %	180 %
37	X_2	2,984	4,67	1,080 1,564	50,5	42,5	mehr als 12 Std. mehr als 30 Std.	0,5	18,2	18,1	77	14,0	2,6	1,0	0,1	0,0
38	„	2,995	3,29	1,078 1,608	53,0	41,6	mehr als 12 Std. mehr als 36 Std.	1,3	19	19	82	12,0	2,0	0,8	0,0	—
39	„	3,094	1,61	1,215 1,834	39	31	30 Min. 1 50	3	19,5	19	77	16,0	1,8	0,8	0,2	0,0
40	E_1	2,979	4,75	1,205 1,910	34,0	26,6	4 40 8 40	—	17,5	18	72	16,0	4,0	2,0	1,4	0,2
41	„															
42	„	—	—	1,160 1,844	35,5	27	2 5 8 15	0	16,5	17,7	79,5	14,0	3,4	1,6	1,0	0,0
43	„	3,032	3,64	1,273 2,014	33	25,8	1 45 7	1,3	17,2	17,5	72	19,0	2,1	0,6	0,0	—
44	E_2	3,025	4,75	1,182 1,910	34,5	26,1	3 38 7 28	0,5	17,7	17,5	81	14,0	4,0	1,8	1,0	0,2
45	„	3,017	4,40	1,190 1,947	33,5	25,6	3 30 8 20	1	18,9	18,8	66	18,0	4,0	2,0	1,0	0,4
46	„	3,029	2,92	1,190 1,925	33,5	25,3	2 8 5	1	19,5	19,2	69	20,0	6,0	4,0	2,0	0,6
47	„	3,014	4,92	1,165 1,900	35,5	27	2 5 8 20	1,2	19,5	19,2	69	16,0	4,0	2,0	1,2	0,6
48	XXVIII_1	3,124	1,77	1,222 1,852	36	27,6	21 Min. 56 Min.	6,6	21	20,8	68	16,0	0,6	0,1	0,0	—
49	XXVIII_2	—	—	1,286 1,970	35	28	22 Min. 1 43	3,1	19,5	19,4	76	22,0	3,2	0,6	0,2	0,0
50	XI_2	3,119	1,75	1,220 1,870	36	29	2 15 6 50	1,3	19,8	19,7	69	25,0	5,0	2,0	1,0	0,1
51	q_1	3,043	2,40	1,181 1,835	39,0	30,5	4 20 8 37	1,1	19	19	68	12,0	0,0	—	—	—
52	q_2	3,012	2,59	1,243 1,906	35	28,1	29 Min. 1 21	4,5	15,5	15	75	20,0	0,6	0,0	—	—
53	„	3,120	1,91	1,301 1,978	35	28,2	5 10 15	1,4	15,5	15	75	19,0	1,0	0,4	0,1	—

14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.
1 Gewthl. Cement und 3 Gewthl. Normalsand							Raumbeständigkeitsproben				
Wasser in den Mörtelproben %	Zugproben f = 5 qcm σ_{+B} kg/qcm 7 Tage	28 Tage	Raumgew. n. d. Einschlagen G/J_m	Druckproben f = 50 qcm σ_{-B} kg/qcm 7 Tage	28 Tage	Raumgew. n. d. Einschlagen G/J_m	Normenprobe	Darrprobe	Glühprobe	Kochprobe	Bemerkungen
10	—	7,5	2,183	—	41,8	2,177	bestanden	—	—	—	Lfd. Nr. 37. Cement war klumpig. Die Klumpen sind vor den Versuchen zerkleinert.
10	2,3	6,8	2,183	13,9	39,8	2,194	"	—	—	—	Lfd. Nr. 38. Derselbe Cement von Klumpen befreit.
10	4,62	8,40	2,197	59,8	98,2	2,220	"	Kanten- und Netzrisse	rissig	zerkocht	—
8	9,3 [1]	—	2,197	67,0 [1]	—	2,197					
8	10,9	15,1	2,197	82,2	119,1	2,197	bestanden	leicht zerbrechlich	bestanden	bestanden	Lfd. Nr. 40 bis 43. Wasserzusätze auf Antrag.
—	8,2 [1]	—	2,183	62,4 [1]	—	2,197					[1] Ergebnisse für 3 Tage alte Probekörper.
9,25	10,4	14,8	2,183	78,1	110,0	2,197					
8	—	16,7	2,183	—	142,8	2,197	"	bestanden	"	"	
8	16,0	20,2	2,259*	125,8	170,4	2,197*	"	deutliche Warzenbildung	"	Netzrisse	
9,5	12,5	16,2	2,197	94,0	133,5	2,225	"	bestanden	"	bestanden	—
9	11,73	16,57	2,197	102,5	140,9	2,200	"	"	"	"	—
9	9,79	13,86	2,183	73,3	109,9	2,197	"	"	"	"	—
9,5	9,71	13,72	2,197	70,1	104,8	2,206	"	"	"	"	—
9,5	—	18,03	2,197	—	184,9	2,208	bestanden	bestanden	bestanden	bestanden	—
9,5	7,18	12,12	2,183	49,1	88,0	2,211	"	"	"	"	—
18,5	*41,09*	*42,78*	*2,085*	*340,8*	*467,5*	*2,155*					
9,5	13,64	17,35	2,183	108,7	176,8	2,183	bestanden	bestanden	bestanden	bestanden	—
9,5	12,3	18,2	2,211	113,2	188,6	2,211	bestanden	bestanden	bestanden	bestanden	—
18	*30,7*	*39,5*	*2,056**	*270,3*	*372,4*	*2,144**					
9,5	9,7	16,8	2,289*	84,8	151,6	2,211*	"	"	"	"	—
18	*35,5*	*41,2*	*2,113**	*261,8*	*339,5*	*2,203**				einzelne	
9,5	14,4	18,7	2,274*	108,5	151,1	2,208*	"	"	"	Warzenbildungen	—

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.				
Laufende Nr.	Cement-Marke	Spec. Gew. des geglühten Cementpulvers	Glühverlust des Cementpulvers %	Ein Liter Cement wog a. eingelaufen b. eingerüttelt kg	Wasser im reinen Cement für syrupartige Beschaffenheit %	Wasser im reinen Cement für die Abbindeprobe %	Abbindeproben: Abbindezeit a. Beginn b. Vollendung der Erhärtung Std.	Abbindeproben: Wärme-Erhöhung beim Abbinden C°	Abbindeproben: Wärme der Luft C°	Abbindeproben: Wärme des Wassers C°	Abbindeproben: Luftfeuchtigkeit %	Siebrückstände auf Maschen für 1 qcm: 5000 %	900 %	600 %	324 %	180 %
54[1])	XXIX$_1$	2,927	—	0,772	62	49	4 Min.	15	19,8	19,8	76	30,0	0,4	0,0	—	—
55[1])	„			1,280			9 Min.									
56[1])	„	—	—	0,803	59	45,5	11 Min.	11	20	19,5	80	26,0	0,0	—	—	—
57[1])	„			1,342			25 Min.									
58	W$_1$	3,113	2,10	1,165 1,907	35	27	1 53 7 38	2,5	19,8	19,8	69	12,4	0,2	0,0	—	—
59	W$_2$	—	—	1,184 1,902	33,5	25,4	2 30 6	1,8	18	18	80	20,0	1,7	0,4	0,1	0,0
60	„	3,003	2,35	1,155 1,874	33	26,2	12 Min. 22 Min.	4,3	18	17,5	71	16,0	0,5	0,0	—	—
61	C$_1$	—	—	1,284 2,018	37,0	28,0	5 7 45	1,0	18,0	18,0	82	22,0	1,5	0,2	0,0	—
62	C$_2$	3,042	4,09	1,208 1,762	40,5	30,9	6 9 10	—	21,8	21,5	79	20,0	0,6	0,2	0,0	—
63	A$_1$	2,687	8,11	0,903 1,438	52	43	1 5 8 15	1,2	20,4	20,7	71	19,0	1,1	0,2	0,0	—
64	XXX$_1$	3,089	3,87	1,145 1,800	39	31	8 15 11	1	14,8	14,8	77	28,0	4,0	1,6	0,4	0,0
65	XXX$_2$	3,157	2,35	1,242 1,959	35	27	45 Min. 5	3,0	17,5	18,8	70	28,0	4,0	2,0	0,4	0,0
66	„	—	—	1,229 1,875	35,5	28	50 Min. 4 30	2,7	15	15	82	26,0	6,0	2,0	0,4	0,0
67	„	—	—	1,302 2,014	34,5	27	11 Min. 46 Min.	4,5	16	16	86	29,0	8,0	3,0	0,9	0,0
68	M$_1$	3,110	1,64	1,168 1,889	34,5	27,1	3 8	1,9	16,0	16,0	87	16,0	0,9	0,5	0,25	0,0
69	h$_2$	2,983	4,62	1,191 1,885	34,5	26,8	2 30 8	1,5	15	15	74	18,0	2,4	1,3	0,1	0,0
70	XXXI$_2$	3,100	2,133	1,239 1,997	34,5	28	5 15 10	1,7	15	15	84	14,0	1,2	0,5	0,1	0,0
71	„	—	—	1,191 1,840	38,0	30	1 30 6 30	0,8	—	—	—	10,0	1,4	0,6	0,0	—

14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.
1 Gewthl. Cement und 3 Gewthl. Normalsand							Raumbeständigkeitsproben				
Wasser in den Mörtelproben %	Zugproben f = 5 qcm			Druckproben f = 50 qcm			Normenprobe	Darrprobe	Glühprobe	Kochprobe	Bemerkungen
	σ_{+B} kg/qcm		Raumgew. n. d. Einschlagen G/J$_m$	σ_{-B} kg/qcm		Raumgew. n. d. Einschlagen G/J$_m$					
	7 Tage	28 Tage		7 Tage	28 Tage						
[2]) 13	6,76	12,49	2,085	—	—	—	bestanden	bestanden	starke Risse	zerkocht	[1]) Ergebnisse mit Roman-Cement.
		12,7 [4])	2,085								[2]) An der Luft erhärtet.
[3]) 13	4,49	9,73	2,085	—	—	—					[3]) 1 Tag an der Luft, dann unter Wasser erhärtet.
		14,6 [4])	2,085								[4]) Ergebnisse für 90 Tage alte Proben.
[2]) 12	—	—	—	71,7	109,7	2,169	bestanden	bestanden	starke Risse	zerkocht	
					169,7[4])						
[3]) 12	—	—	—	54,8	89,5	2,169					
					143,2[4])						
9,5	15,0	18,7	2,211	128,6	174,5	2,231	bestanden	bestanden	bestanden	bestanden	—
9	—	16,6	2,197	—	145,1	2,211	"	"	"	"	—
9	12,5	17,3	2,274*	126,2	185,6	2,203*	"	stark rissig	stark netzrissig	zerkocht	—
10	12,8	17,0	2,197	85,2	128,0	2,217	bestanden	bestanden	bestanden	bestanden	—
10	8,53	12,99	2,183	—	90,3	2,203	"	"	"	"	—
11	16,06	18,40	2,141	113,5	151,6	2,155	bestanden	bestanden	bestanden	bestanden	Lfd. Nr. 63 Puzzolan-Cement.
10	9,9	14,7	2,245*	60,3	88,9	2,180*	bestanden	leicht zerbrechlich	schwache Risse	leicht zerbrechlich	—
9,5	—	16,6	2,183	—	105,7	2,183	"	bestanden	bestanden	bestanden	—
9,5	11,3	16,5	2,183	70,5	99,2	2,197	"	"	"	"	—
9,5	9,4	13,7	2,259	57,3	81,9	2,183	"	deutliche Warzenbild.	"	netzrissig	—
9,5	16,0	21,4	2,197	111,0	177,1	2,208	bestanden	schwache Warzenbild.	bestanden	die obere Schicht abgeplatzt	—
9,5	11,6	12,9	2,259	109,8	161,7	2,197	bestanden	Warzenbild. und Kantenrisse	stark rissig	zerkocht	—
18	—	*42,2*	*2,099*	—	*391,5*	*2,189*	bestanden	Warzenbild. (schwach)	bestanden	deutliche Warzenbild.	—
9,5	10,5	13,5	2,183	71,0	109,5	2,203					
9,5	12,2	16,7	2,259	76,6	116,1	2,206	"	Warzenbild., leicht zerbrechlich	"	starke Warzenbildung, leicht zerbrechlich	—

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.				
Laufende Nr.	Cement-Marke	Spec. Gew. des geglühten Cementpulvers	Glühverlust des Cementpulvers %	Ein Liter Cement wog a. eingelaufen b. eingerüttelt kg	Wasser im reinen Cement: für syrupartige Beschaffenheit %	für die Abbindeprobe %	Abbindeproben: Abbindezeit: a. Beginn b. Vollendung der Erhärtung Std.	Wärme-Erhöhung beim Abbinden C°	Wärme der Luft C°	Wärme des Wassers C°	Luftfeuchtigkeit %	Siebrückstände auf 5000 Maschen für 1 qcm %	900 %	600 %	324 %	180 %
72	IV_1	3,093	0,99	1,329 2,121	31	24,5	2 30 6 30	2	17	14	75	20,0	0,0	—	—	—
73	g_1	3,120	1,58	1,238 1,994	34	27,1	5 30 7 15	1,5	15,5	18	70	10,0	0,3	0,0	—	—
74	„	3,122	1,36	1,358 2,084	32,5	25,8	8 15 11 15	1,5	15	14	65	10,0	0,4	0,2	0,0	—
75	„	3,128	1,45	1,246 1,981	35	28	2 6 45	1,8	18	17,5	70,5	18,0	2,2	0,6	0,0	—
76	„	3,116	1,16	1,224 2,013	35	27,9	7 15 10 45	0,5	16	15	71	6,0	0,0	—	—	—
77	„	3,094	1,47	1,253 2,041	33,5	26,8	5 5 10	1	15	15	72	14,0	0,3	0,0	—	—
78	„	3,120	1,44	1,334 2,044	34	27,5	3 30 7	3	15	15	84	20,0	0,3	0,0	—	—
79	„	3,125	1,14	1,313 2,023	34	28	5 30 10 30	1,5	18	15	80	22,0	0,5	0,1	0,0	—
80	„	3,086	1,77	1,268 2,040	32,5	26	34 Min. 1	2,4	18,5	17,3	76,3	16,0	0,4	0,0	—	—
81	„	3,117	1,47	1,342 2,094	31	25,1	3 45 9	1,5	16,5	15	65,5	26,0	0,2	0,0	—	—
82	„	3,079	1,63	1,337 2,041	32,5	26,3	4 10 7 15	2,1	20,4	18,2	73,5	22,0	1,2	0,3	0,0	—
83	„	3,096	0,98	1,276 2,039	34,5	28,3	43 Min. 1 10	1,2	17,2	16,5	60,0	16,0	0,2	0,0	—	—
84	„	3,067	1,63	1,338 2,101	33	27,5	3 Min. 15 Min.	4	17,9	17	67	20,0	0,3	0,0	—	—
85	„	3,108	1,22	1,317 2,066	34	27,5	40 Min. 1 40	5	18,8	18,5	72	18,0	0,6	0,0	—	—
86	„	3,122	0,80	1,347 2,073	36,5	29,5	3 Min. 10 Min.	5,7	17,8	17,2	68	23,0	1,6	0,3	0,0	—
87	f_2	3,107	2,27	1,357 2,073	31,5	25,0	7 16 15	1,9	17	17	71,5	16,0	0,9	0,2	0,0	—
88	G_2	3,123	1,62	1,370 2,066	33,5	26,1	4 45 9	1,5	14,5	14,5	71	19,0	1,4	0,2	0,0	—
89	Rußland. XXXII_1	3,087	1,33	1,340 2,072	33,5	26,2	40 Min. 1	6,6	17,5	17	69	26,0	0,0	—	—	—
90	V_2	3,052	3,05	1,153 1,878	36,5	30,1	3 Min. 14 Min.	10,3	17,7	18,2	78	16,0	1,2	0,6	0,4	—

14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.
1 Gewthl. Cement und 3 Gewthl. Normalsand							Raumbeständigkeitsproben				
Wasser in den Mörtelproben %	Zugproben f = 5 qcm σ_{+B} kg/qcm		Raumgew. n. d. Einschlagen G/J_m	Druckproben f = 50 qcm σ_{-B} kg/qcm		Raumgew. u. d. Einschlagen G/J_m	Normenprobe	Darrprobe	Glühprobe	Kochprobe	Bemerkungen
	7 Tage	28 Tage		7 Tage	28 Tage						
9	18,3	21,9	2,274*	182,3	239,6	2,214*	bestanden	Warzenbild.	bestanden	Netzrisse	—
9,5	14,7	—	2,289	—	—	—	bestanden	schwache Warzenbild.	bestanden	bestanden	—
9	12,9	18,4	2,259	—	—	—	„	desgl.	schwache Risse	schwache Warzenbildung	—
9,5	11,2	15,1	2,259	—	—	—	„	desgl.	„ „	desgl.	—
9,5	17,6	—	2,274*	—	—	—	„	desgl.	bestanden	bestanden	—
9	17,0	18,4	2,289*	—	—	—	„	desgl.	„	„	—
9,5	12,4	16,9	2,274*	88,2	138,1	2,203*	„	deutliche Warzenbild.	„	Netz- und Kantenrisse	—
9,5	12,8	19,5	2,274*	91,9	143,5	2,203*	„	desgl.	„	schwache Warzenbild.	—
9	13,1	18,2	2,289*	112,2	178,8	2,217*	„	ganz schwache Warzenbild.	„	bestanden	—
9	16,1	20,9	2,259*	107,0	165,5	2,203*	„	einzelne Warzen sichtbar	„	einzelne Warzen	—
9	15,2	20,5	2,274*	111,4	166,4	2,189*	„	schwach netzrissig	schwache Risse	schwach netzrissig und Warzenbild.	—
9,5	12,8	18,6	2,289*	88,0	147,6	2,211*	„	bestanden	bestanden	bestanden	—
9	15,4	21,6	2,274*	100,0	162,4	2,194*	„	einzelne Warzenbildungen	„	deutliche Warzenbild.	—
9	14,1	18,3	2,245*	109,6	174,4	2,203*	„	desgl.	„	leicht zerbrechlich	—
10	11,9	16,9	2,245*	90,5	147,4	2,194*	„	desgl.	„	bestanden	—
9,5	12,5	17,2 30,3[1])	2,274* 2,274	105,0	168,4 207,2[1])	2,214* 2,214	bestanden	deutliche Warzenbild.	bestanden	in Stücke zerkocht	[1]) Die Probekörper erhärteten 1 Tag an der Luft, 7 Tage unter Wasser und 20 Tage an der Luft.
9	14,7	20,9	2,274	128,1	196,0	2,189	bestanden	schwache Warzenbild.	bestanden	bestanden	—
17 9,5	*28,8* 10,9	*35,9* 16,2	*2,141** 2,274*	*192,2* 80,3	*271,6* 139,6	*2,245** 2,197*	bestanden	bestanden	bestanden	bestanden	—
10	16,5	22,8	2,274*	145,6	204,3	2,203*	bestanden	vereinzelte Warzenbild.	bestanden	bestanden	—

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.				
Laufende Nr.	Cement-Marke	Spec. Gew. des geglühten Cementpulvers	Glühverlust des Cementpulvers %	Ein Liter Cement wog a. eingelaufen b. eingerüttelt kg	Wasser im reinen Cement für syrupartige Beschaffenheit %	Wasser im reinen Cement für die Abbindeprobe %	Abbindeproben: Abbindezeit: a. Beginn b. Vollendung der Erhärtung Std.	Abbindeproben: Wärme-Erhöhung beim Abbinden C°	Abbindeproben: Wärme der Luft C°	Abbindeproben: Wärme des Wassers C°	Abbindeproben: Luftfeuchtigkeit %	Siebrückstände auf Maschen für 1 qcm: 5000 %	900 %	600 %	324 %	180 %
91	Unbekannt	3,103	1,39	1,250 1,913	33	26,2	1 20 6 40	2,5	19,3	18,5	89	22,0	3,4	1,2	0,6	0,0
92	„	—	—	1,140 1,821	36	26,7	3 45 10 30	—	16	15,5	85	12,0	3,2	1,6	1,0	0,4
93	„	3,148	0,49	1,355 2,117	32,5	25,1	3 50 6 50	1,0	17,9	17,4	91	20,0	3,0	0,6	0,2	0,0
94	„	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	14,0	1,0	0,2	0,0	—
95	„	3,142	1,50	1,229 1,904	36	28,8	3 45 6 15	1,4	22	21,5	74	16,0	0,75	0,0	—	—
96	„	—	—	1,206 1,850	35,5	28,4	5 10 9 15	2,1	19,6	18,7	62	21,5	1,1	0,15	0,0	—
97	„	—	—	1,184 1,867	35,5	28	5 45 8 50	1,9	20	20	80	21,0	1,2	0,2	0,0	—
98	„	3,087	2,34	1,284 1,995	36	28,1	7 50 9 50	2,5	18,7	18,3	81	—	0,9	—	—	—
99	„	2,930	4,35	1,156 1,834	33,5	25	3 6	0,6	18,5	18,9	78	19,0	4,0	0,6	0,0	—
100	„	3,115	1,72	1,232 1,933	32,5	25	2 15 8 30	2	16,3	15,3	86,7	20,0	1,6	0,6	0,1	0,0
101	„	3,047	1,91	1,232 1,812	40	31	35 Min. 2 20	1	16	16	86	9,0	0,9	0,4	0,2	0,0
102	„	3,065	1,24	1,214 1,891	35	28,6	5 30 9	2,2	16	16	71	20,0	1,2	0,15	0,0	—
103	„	3,062	2,18	1,172 1,842	34	26	2 3 30	3	18	16	64	21,0	2,6	1,0	0,1	0,0
104	„	3,066	1,22	1,300 2,023	32	26,1	7 15 über 12	—	15,2	14,5	75,3	17,0	1,6	0,5	0,1	0,0
105	„	3,110	1,22	1,253 1,995	35,5	27	5 15 7 15	1,3	15	15	75	16,0	1,1	0,2	0,0	—
106	„	3,125	1,39	1,228 1,956	34	27,5	1 30 6 45	1,8	15	15	72	17,0	2,9	1,4	0,5	0,0

[1]) Dem Antrage gemäß 9 % Wasser angewendet.
[2]) Ergebnisse für 90 Tage alte Probekörper.
[3]) „ „ 3 „ „ „
[4]) „ „ 7 „ „ „ , welche 6 Tage in Devals heißem Bade behandelt sind.

14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.
1 Gewthl. Cement und 3 Gewthl. Normalsand							Raumbeständigkeitsproben				
Wasser in den Mörtelproben %	Zugproben f = 5 qcm			Druckproben f = 50 qcm			Normenprobe	Darrprobe	Glühprobe	Kochprobe	Bemerkungen
	σ_{+B} kg/qcm		Raumgew. n. d. Einschlagen G/J_m	σ_{-B} kg/qcm		Raumgew. n. d. Einschlagen G/J_m					
	7 Tage	28 Tage		7 Tage	28 Tage						
9	13,4	18,9	2,183	107,9	163,7	2,220	bestanden	bestanden	bestanden	bestanden	—
8	—	20,04	2,211	—	166,5	2,214	„	„	„	„	—
9	14,7	19,1	2,197	105,7	161,5	2,211	„	„	„	„	—
9 [1])	16,5	19,3	2,197	—	—	—	—	—	—	—	[1]) s. unten.
9,5	16,67	22,53	2,197	148,8	205,2	2,211	bestanden	bestanden	bestanden	bestanden	—
9,5	20,99	24,43	2,183	194,6	242,6	2,203	„	„	„	„	—
9,5	20,1	24,6	2,183	183,4	250,3	2,197	„	„	„	„	—
	24,1 [3])	*46,7* [4])		*374,0* [4])							
19	*33,5*	*50,6*	*2,085*	—	*476,8*	*2,113*					
	11,9 [4])			183,7 [4])							
9,5	15,4	20,8	2,197	108,4	188,5	2,234	„	—	—	—	[2]—[4]) s. unten.
		21,9 [2])			271,8 [2])						
9	10,5	18,5	2,183	80,9	145,1	2,206	„	bestanden	bestanden	bestanden	—
9	17,5	20,8	2,183	131,9	219,7	2,197	„	„	„	„	—
10	4,6	8,8	2,197	47,9	74,6	2,239	„	Warzenbildung, leicht zerbrechlich	„	zerkocht	—
9,5	21,3	22,2	2,259	166,6	224,5	2,211	„	Warzenbildung	schwache Risse	bestanden	—
11	—	14,4 [5])	2,245	—	83,6 [5])	2,099					
9,5	—	14,6	2,259	—	123,0	2,197	„	desgl.	starke Risse	zerkocht	[5]) s. unten.
16,5	*37,5*	*41,2*	*2,201*	*301,9*	*364,5*	*2,197*				stark gekrümmt, netzrissig, morsch	
9	13,5	16,5	2,259	119,8	173,8	2,225	„	deutliche Warzenbild.	bestanden		—
9,5	16,8	23,3	2,289	156,9	239,1	2,239	„	bestanden	„	bestanden	—
18	*33,4*	*36,1*	*2,169**								
9,5	13,7	16,3	2,274*	—	—	—	„	„	„	„	—

[5]) Werthe für Probekörper aus 1 Raumtheil Cement + 3 Raumtheilen Mauersand. Bei den Siebversuchen ergab der Sand auf dem Siebe von
900 — 600 — 324 — 240 — 180 — 120 — 81 — 60 — 20 — 9 — 4 — 1 Maschen für 1 qcm
86,0 — 69,4 — 57,2 — 45,6 — 18,4 — 16,6 — 11,4 — 8,6 — 6,0 — 5,0 — 2,8 — 1,0 % Rückstand.
Ein Liter des Sandes wog eingelaufen 1,436 kg, eingerüttelt 1,752 kg.
Die Proben erhärteten 1 Tag an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser.

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.				
Laufende Nr.	Cement-Marke	Spec. Gew. des geglühten Cementpulvers	Glühverlust des Cementpulvers %	Ein Liter Cement wog a. eingelaufen b. eingerüttelt kg	Wasser im reinen Cement für syrupartige Beschaffenheit %	Wasser im reinen Cement für die Abbindeprobe %	Abbindeproben: Abbindezeit: a. Beginn d. Vollendung der Erhärtung Std.	Abbindeproben: Wärme-Erhöhung beim Abbinden C°	Abbindeproben: Wärme der Luft C°	Abbindeproben: Wärme des Wassers C°	Abbindeproben: Luftfeuchtigkeit %	Siebrückstände auf 5000 Maschen für 1 qcm %	900 %	600 %	324 %	180 %
107	Unbekannt	3,130	0,90	1,309 2,102	31	25,2	4 6 15	2,5	18	14	72	27,0	0,3	0,0	—	—
108	„	3,094	1,99	1,357 2,088	31,5	26	40 Min. 2	2,8	18	14	72	23,0	2,2	0,9	0,1	0,0
109	„	3,046	1,22	1,278 2,000	33	26	18 Min. 23 Min.	13	16	13	69	21,0	0,5	0,0	—	—
110	„	3,120	1,77	1,193 1,967	33	26	3 45 6 15	2,5	15,5	15	74	10,0	0,2	0,0	—	—
111	„	3,112	0,86	1,276 2,035	34	27,7	4 45 8	2,4	16	15	72	18,0	3,3	1,7	0,9	0,3
112	„	3,104	1,42	1,305 2,062	33,5	27,1	2 7	3,1	16,2	16,8	68	16,0	0,8	0,3	0,0	—
113	„	3,099	0,84	1,331 2,105	31,5	25,2	3 Min. 12 Min.	6,2	16,2	16,8	68	28,0	4,5	2,5	1,8	0,6
114	„	3,100	1,98	1,306 1,994	34	26,5	3 45 10 15	1,2	16,5	16,5	71	26,0	0,8	0,6	0,5	0,3
115	„	3,101	1,91	1,300 1,986	33	26,4	1 8	3,3	16	16	74	22,0	0,9	0,2	0,0	—

In Zukunft wird jede neue Lieferung des Normalsandes eingehend, wie der Normalsand vom November 1896, untersucht und werden die gefundenen Ergebnisse gleichzeitig mit den Ergebnissen der Cementprüfung veröffentlicht werden.

Die Proben auf Raumbeständigkeit nach den Normen wurden wiederum von allen Cementen bestanden.

Ein aus dem Handel bezogener Cement (II_2) zeigte in einigen Kuchen Schwindrisse. Bei diesem Cement sind auch die beschleunigten Raumproben besonders schlecht ausgefallen und er erreichte die Normenfestigkeit nicht, während in seinen sonstigen Eigenschaften nichts Auffälliges beobachtet wurde.

Die Ausführung der sogen. beschleunigten Raumbeständigkeitsproben geschah entsprechend den Vereinbarungen der Kommission des Vereins deutscher Portland-Cementfabrikanten wie folgt:

1. Die Darrprobe bei 100 C°.

100 g Cement werden normengemäß mit Wasser angemacht und auf einem befeuchteten Blättchen Fließpapier, welches man auf eine völlig ebene Glas- oder Metallplatte gelegt hat, zu einem Kuchen geformt. Nach dem Abbinden wird der Kuchen nach Entfernung des Fließ-

14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.
1 Gewthl. Cement und 3 Gewthl. Normalsand							Raumbeständigkeitsproben				
Wasser in den Mörtelproben %	Zugproben f = 5 qcm			Druckproben f = 50 qcm			Normenprobe	Darrprobe	Glühprobe	Kochprobe	Bemerkungen
	σ_{+B} kg/qcm		Raumgew. n. d. Einschlagen G/J_m	σ_{-B} kg/qcm		Raumgew. n. d. Einschlagen G/J_m					
	7 Tage	28 Tage		7 Tage	28 Tage						
9	12,9	18,4	2,259*	112,8	167,3	2,189*	bestanden	Warzenbildung	bestanden	gekrümmt, stark netzrissig	—
9	15,1	20,9	2,274*	144,3	209,9	2,208*	„	bestanden	„	bestanden	—
9,5	9,1	16,2	2,274*	85,4	150,7	2,206*	„	zahlreiche Warzenbildungen	starke Risse	Netzrisse, sehr weich und leicht zerdrückbar	—
9	15,9	23,8	2,303*	160,5	224,7	2,231*	„	schwache Warzenbild.	einzelne feine Risse	bestanden	—
18	*37,6*	*44,5*	*2,169**	*277,3*	*363,4*	*2,180**					
9,5	16,0	20,1	2,274*	104,0	159,6	2,206*	„	vereinzelte Warzenbild.	bestanden	einzelne Warzen	—
17	*37,0*	*42,6*	*2,169**	*217,6*	*295,0*	*2,231**		starke Warzenbild., schwache		stark gekrümmt, Ober- und Unterfläche deutliche	
9	14,3	20,6	2,274*	107,4	159,1	2,208*	„	Netzrisse	schwache Risse	Netzrisse	—
17,5	*36,9*	*39,4*	*2,155**	*233,5*	*284,2*	*2,237**				netzrissig,	
9	18,0	17,8	2,245*	97,7	139,9	2,180*	„	vollständig netzrissig	starke Risse	gekrümmt u. morsch	—
9,5	20,9	24,3	2,245*	149,7	241,9	2,206*	„	bestanden	bestanden	bestanden	—
9	19,9	25,0	2,274*	151,0	217,7	2,206*	„	Netzrisse	schwache Risse	Netzrisse	—

papiers bis zu 24 Stunden in einem feuchten Raum aufbewahrt und hierauf bei 100 C° (mit kochendem Wasser geheiztes Luftbad) auf einer Metallplatte gedarrt bis keine Wasserdämpfe mehr entweichen (ca. 3 Stunden lang).

2. Die Kugelprobe nach Heintzel (sogenannte Glühprobe).

300 g Cement werden mit Wasser befeuchtet, rasch durchgearbeitet, in die hohle Hand gebracht und zu einer Kugel geformt. Die richtige Menge Wasser ist genommen, wenn der Cement beim Reiben der Kugel etwas schmiert, und sich diese bei seitlichem Druck schwach beweglich zeigt. Der Wasserzusatz wird also der Verschiedenheit der Cemente angepaßt. Die Kugel wird auf eine Gipsplatte gelegt. Nach etwa fünf Minuten, wenn die Kugel so hart ist, daß sie beim Anschlagen mit dem Fingernagel kaum mehr einen Eindruck zuläßt, wird sie auf eine dünne Eisenblechplatte gebracht und diese über dem Bunsenbrenner erhitzt. Die Spitze der Flamme soll zuerst die Platte nicht erreichen. Erhitzt man zu rasch, so werden kleine Blättchen der Kugel an der durch die Flamme am stärksten getroffenen Stelle vom entweichenden Wasserdampf losgesprengt. Sobald die Kugel an der die Platte berührenden Stelle anfängt trocken zu werden, wird die Flamme allmählich gesteigert,

bis sie schließlich — nach etwa $^1/_2$ Stunde — die Platte voll bestreicht. Nach zwei Stunden schlägt sich auf einer dicht auf die Kugel gehaltenen Glasplatte kaum etwas Wasserdampf mehr nieder, und das Verfahren ist beendet.

3. Die Kochprobe nach Michaëlis.

100 g des zu prüfenden Cements werden in annähernd Normalkonsistenz, und zwar Schnellbinder nur eine Minute lang durchgearbeitet und zu den bekannten Glasplattenkuchen (1 cm in der Mitte dick, nach den Rändern dünn auslaufend) angemacht, in einem mit Wasserdampf gesättigten, bedeckten Raume 24 Stunden der Erhärtung überlassen, sodann von der Glasplatte gelöst in ein kaltes Wasserbad verbracht, welches langsam, d. h. in etwa 30 Minuten [1]) bei aufgelegtem Deckel zur Beschränkung der Wasserverdampfung zum Sieden gebracht wird. Der Kuchen muß sich ganz in kochendem Wasser befinden; im Falle Wasser nachzugeben ist, geschieht dies in kleineren Portionen, so daß das Wasser immer alsbald wieder auf den Kochpunkt kommt. Nach dreistündigem Kochen wird der Kuchen dem Wasser entnommen und besichtigt.

Die Ergebnisse der einzelnen Prüfungen auf Raumbeständigkeit nach den beschriebenen beschleunigten Verfahren sind folgende:

1. Darrprobe.

Beobachtet wurde bei der Prüfung von 104 Cementen:

a)	Schwache (vereinzelte) Warzenbildung [2])	an	18	Cementen	oder rund	17 %
b)	Deutliche (zahlreiche) Warzenbildung . .	„	11	„	„ „	11 „
c)	Leichte Zerbrechlichkeit	„	4	„	„ „	4 „
d)	Warzenbildung und leichte Zerbrechlichkeit	„	2	„	„ „	2 „
e)	Schwache Netzrisse	„	2	„	„ „	2 „
f)	Starke Netzrisse	„	3	„	„ „	3 „
g)	Kantenrisse und Netzrisse	„	1	„	„ „	1 „
h)	Warzenbildung und Kantenrisse . . .	„	1	„	„ „	1 „

Insgesammt 42 beschädigte Cemente oder 40 % aller geprüften Cemente.

Ein Zusammenhang dieser Erscheinungen mit den übrigen, durch die Prüfung beobachteten Eigenschaften der Cemente ist nicht auffindbar, doch müssen die Beobachtungen fortgesetzt werden, um zuverlässige Schlüsse ziehen zu können.

2. Glühprobe.

Beobachtet wurde bei der Prüfung von 104 Cementen:

a)	Schwache Risse (Netzrisse)	an	25	Cementen	oder rund	24 %
b)	Starke Risse	„	9	„	„ „	9 „
c)	Leichte Zerbrechlichkeit	„	1	„	„ „	1 „
	Insgesammt 35 beschädigte Cemente von 104 geprüften				„ „	34 „

Auch diese Beobachtungen scheinen in keinem Zusammenhang mit den übrigen, durch die Prüfung ermittelten Eigenschaften der Cemente zu stehen.

---

[1]) Vielfach ist irrthümlich 10 Minuten angegeben.

[2]) Unter Warzenbildungen werden flache, warzenförmige Auftreibungen der Oberfläche bis zur Größe eines Stecknadelkopfes verstanden.

3. Kochprobe.

Beobachtet wurde bei der Prüfung von 104 Cementen:

a)	Warzenbildung	an	8	Cementen	oder rund	8 %
b)	Haar- und Netzrisse	„	5	„	„ „	5 „
c)	Warzenbildung und Netzrisse	„	1	„	„ „	1 „
d)	Netzrisse und leichte Krümmung	„	2	„	„ „	2 „
e)	Netzrisse und starke Krümmung	„	5	„	„ „	5 „
f)	Netz- und Kantenrisse und starke Krümmung	„	2	„	„ „	2 „
g)	Risse und Morschheit	„	3	„	„ „	3 „
h)	Leichte Zerbrechlichkeit	„	3	„	„ „	3 „
i)	Zerkochen in Stücke	„	8	„	„ „	8 „
k)	Zerkochen zu Brei	„	1	„	„ „	1 „

Insgesammt 38 Beschädigungen an 104 Cementen = 37 %.

Wie bei der Darrprobe und der Glühprobe ist auch bei der Kochprobe kein gesetzmäßiger Zusammenhang zwischen den Beschädigungen durch diese Proben und den übrigen geprüften Eigenschaften der Cemente zu erkennen.

Ein Cement, der sich nach der Kochprobe leicht zerbrechlich erwies, hat allerdings geringe Normen-Festigkeiten ergeben, ebenso wie mehrere Cemente (Nr. 39, 101, 103) die in Stücke zerkochten, dagegen zeigten andere Cemente (z. B. Nr. 60 und 87), die in Stücke zerkocht sind, in ihren sonstigen Eigenschaften nicht die geringsten auffälligen Erscheinungen, so daß kaum anzunehmen ist, daß sich diese Cemente in der Praxis als nicht raumbeständig erweisen würden.

Ein Cement (Nr. 69), der zerkocht ist, weist geringe Festigkeiten und geringes spezifisches Gewicht auf, und der völlig zu Brei zerkochte Cement (Nr. 24) zeigt erhebliche Wärmeerhöhung beim Abbinden, grobe Mahlung und geringe Festigkeit; dieser Cement wäre also auch ohne die Kochprobe schnell als nicht normaler Portland-Cement erkannt worden.

Nach vorstehendem würden der Darrprobe die relativ meisten Cemente nicht widerstehen, nämlich 40 %, demnächst der Kochprobe 37 % und schließlich der Glühprobe 34 % nicht genügen.

Nur die Darrprobe allein haben nicht bestanden . . 8 Cemente,
nur die Glühprobe . . . . . 11 „
die Kochprobe allein aber nur . . . . . 1 „
2 Cemente haben die Darr- und die Glühproben nicht bestanden,
7 „ die Glühproben und die Kochproben,
18 „ die Darrproben und die Kochproben.

Die meisten Cemente, welche die Kochprobe nicht bestehen, zeigen also auch bei den anderen Proben Beschädigungen. Namentlich scheinen Darr- und Kochproben in ihrem Erfolge annähernd gleichartig zu sein. Von den 18 Cementen, welche diese beiden Proben nicht bestanden haben, liegen drei (Nr. 24, 67, 101) in ihrer Zug- und Druckfestigkeit weit unter den Anforderungen der Normen.

Alle drei beschleunigten Raumbeständigkeitsproben zusammen haben 13 Cemente nicht bestanden, und hier zeigt sich die immerhin beachtenswerthe Thatsache, daß von diesen durch die beschleunigten Prüfungen als minderwerthig charakterisirten Cementen 6 Cemente (Nr. 19, 39, 64, 69, 103, 109) in der Zugfestigkeit, 8 Cemente (Nr. 12, 19, 39, 64, 103, 109, 112,

113) in der Druckfestigkeit den Anforderungen der Normen nicht genügen und daß fast alle einen mangelhaften Erhärtungsfortgang aufweisen.

Dagegen zeigen andere Cemente, welche ebenfalls die beschleunigten Proben nicht bestanden haben, guten Erhärtungsfortgang und genügen auch den Anforderungen der Normen in Bezug auf Zug- und Druckfestigkeit (z. B. Nr. 60, 74, 82, 115). Die drei letzten (Nr. 74, 82, 115) haben allerdings bei den beschleunigten Beständigkeitsproben keine erheblichen Beschädigungen erlitten.

Will man nun — wie geschehen — die Ergebnisse der beschleunigten Beständigkeitsproben mit den Ergebnissen der Festigkeitsversuche in Beziehung bringen, so ist es nöthig, auch diejenigen Cemente ins Auge zu fassen, welche die beschleunigten Proben vollkommen bestanden.

Da ergiebt sich, daß auch unter diesen eine ganze Menge sich befinden, die namentlich in Bezug auf Druckfestigkeit hinter den Anforderungen der Normen zurückbleiben (z. B. 11, 32, 36, 42, 52, 59, 61, 83, alle Cemente unter E u. s. w.) und verschiedene, die weder nach Zug- noch nach Druckfestigkeit den Normen genügen (z. B. 49, 62, 65, 66 u. s. w.).

Aus alle diesem ist, vorbehaltlich der Ergebnisse weiterer Versuche zu entnehmen,

> daß die beschleunigten Raumbeständigkeitsproben: Darrprobe, Glühprobe, Kochprobe, falls sie gemeinsam von einem Cement nicht bestanden werden, wohl geringe Festigkeitseigenschaften oder sonstige Abweichungen vom normalen Verhalten beim Erhärten dieses Cementes vermuthen lassen, daß sie aber nicht geeignet sind, mit Sicherheit auf einen geringen Erhärtungsfortgang des Cementes schließen zu lassen und damit auch nicht geeignet, die Frage der Raumbeständigkeit eines Cementes für seine praktische Verwendung endgültig zu entscheiden.

Dr. Prüssing[1]) ist auf anderem Wege mit Bezug auf die Michaëlissche Kochprobe zu einem ähnlichen Resultate gelangt. Er sagt:

1. Einige Portland Cemente, welche aus homogener Masse tadellos gebrannt waren und sich im Wasser und an der Luft tadellos bei mittleren Wärmegraden hielten, wurden durch die Kochprobe rissig.
2. Portland-Cemente mit 20 % feinem ungelöschten Leichtbrand versetzt, welche die Kochprobe tadellos aushielten, lösten sich, während sie an der Luft erhärteten, von der Glasplatte unter Verkrümmung.
3. Die beim Kochen entstehende Beförderung des Treibens ist keineswegs für alle Cemente gleichmäßig proportional der Beförderung der Erhärtungsfähigkeit, so daß scharfgebrannte, bei gewöhnlicher Temperatur in unschädlicher Weise sich dehnende Cemente in schlechtes Licht gestellt werden können, gegenüber leichtgebrannten, in anderer Hinsicht minderwerthigen Cementen.
4. Die Schwindung leichtgebrannter Cemente ist gegenüber demjenigen, nur durch Kochen sichtbar werdenden Treiben mancher scharf gebrannten Cemente für die Praxis mindestens gleich gefährlich, also die Kochprobe geeignet, einseitige, falsche Beurtheilung zu begünstigen.

---

[1]) Vergl. Bericht der Unterkommission 6 der IV. ständigen Kommission für die Vereinbarung einheitlicher Prüfungsmethoden von Bau- und Konstruktionsmaterialien betreffs Aufsuchung entsprechend abgekürzter Methoden zur Prüfung der Raumbeständigkeitsverhältnisse hydraulischer Bindemittel, S. 7.

Dr. Michaëlis hat sich den Ansichten Dr. Prüssings nicht angeschlossen. Da in der Versuchsanstalt die Versuche mit den beschleunigten Raumbeständigkeitsproben dauernd fortgesetzt werden, wird sich mit der Zeit hoffentlich erweisen, welcher praktische Werth diesen Proben beizumessen ist.

Für die Beurtheilung der beschleunigten Raumbeständigkeitsproben liegt bei der Versuchsanstalt ein erheblicher Mangel darin, daß die Anstalt nicht in der Lage ist, das Verhalten der geprüften Cemente weiter zu beobachten und auch in der Praxis zu verfolgen.

Die Erweiterung der Festigkeitsprüfungen verdächtiger Cemente auf längere Zeit und verschiedene Erhärtungsarten ist leider fast immer unmöglich, weil hierfür Raum, Zeit und Mittel fehlen. Vielfach sind auch die eingereichten Probenmengen so gering, daß sich mit diesen weitere Versuche nicht anstellen lassen.

Um diesen Mängeln, die sich für die praktische Verwerthung der Versuchsergebnisse recht unangenehm fühlbar machen, einigermaßen abzuhelfen, wurde versucht, durch Umfrage bei einer Reihe von Antragstellern einiges über die Erfahrungen der Praxis mit durch die Prüfung verdächtigten Cementen zu ermitteln.

Die Nachfragen ergaben folgendes:

Cement 12, von einer Königl. Wasserbauinspektion gleichzeitig mit mehreren anderen Marken zur Prüfung eingereicht, ist nicht zur Verwendung gekommen, da ein anderer Cement bevorzugt wurde, und auch der Cement 109, von einer Privatfirma eingeschickt, wurde aus ähnlichen Gründen, der geringen Festigkeit wegen, nicht verwendet. Der Cement 69 gelangte durch eine Eisenbahnbehörde zur Einsendung an die Versuchsanstalt und ist im eignen Inspektionsbezirk nur zu geringfügigen Arbeiten verwendet worden, so daß keine Erfahrungen über etwaige Mängel des Cementes gesammelt werden konnten.

Cement 39 (Darrprobe: Kanten- und Netzrisse, Glühprobe: rissig, Kochprobe: zerkocht) wurde von einem städtischen Hafenbauamt zur Herstellung von Beton und Bruchsteinmauerwerk verwendet. Beim Beton kam die Mischung 1 Cement, 3 Sand und 1 Cement, 1 Wasserkalk, 5 Sand zur Verwendung, beim Bruchsteinmauerwerk nur die letztere Mischung.

Bei der Verarbeitung fand sich zunächst nichts an dem Cement auszusetzen, unter anderem zeigte er sich vollkommen raumbeständig. Dagegen erwies sich bald seine Festigkeit als unzulänglich, und als die auf der Baustelle durch die Prüfung gefundenen geringen Festigkeiten durch die Versuche der Versuchsanstalt bestätigt wurden, ist der Cement von jeder weiteren Verwendung ausgeschlossen worden.

Cement 19 (Darrprobe: Warzenbildung, leicht zerbrechlich, Glühprobe: leicht zerbrechlich, Kochprobe: Netz- und Kantenrisse, stark gekrümmt) diente zum Bau einer Feuerwache. Zu dem untersten Absatz der Fundamente von Oberkante bis + 0,5 m über dem Pegel wurde er als Mörtel aus 1 Cement + 3 Sand verwendet. Das Mauerwerk kam unmittelbar nach der Ausführung unter Wasser zu liegen und liegt seitdem immer unter Wasser. Erscheinungen, die auf Mangel an Raumbeständigkeit zurückzuführen wären, sind nicht bemerkt worden, doch hatte der Mörtel ein halbes Jahr nach seiner Verwendung noch nicht die Festigkeit des verwendeten Hintermauerungssteins erlangt, sondern war von mürber Beschaffenheit und ließ sich mit dem Messer leicht schaben.

Cement 64 (Darr- und Kochprobe: leicht zerbrechlich, Glühprobe: schwache Risse) ist von der Fabrik dem Handel übergeben worden und zu Massivbauten verwendet worden. Nach 6 Monaten waren keinerlei Klagen über den Cement eingegangen.

Cement 115, russischen Ursprungs (Darr- und Kochprobe: Netzrisse, Glühprobe: schwache Risse), wurde bei einem Fabrikbau in Rußland im Ziegelmauerwerk und namentlich zu Betondecken verwendet. Die Mischung aus 1 Cement, 2 feiner Sand, 4 Basaltsteinschlag ergab einen guten Beton, der auch in sorgfältig beobachteten Probestücken sehr befriedigend ausfiel und in 2 Monaten keine Raumveränderung zeigte.

Auch beim Bau haben sich keine Nachtheile des Cementes herausgestellt.

Cement 60 (Darrprobe: stark rissig, Glühprobe: stark netzrissig, Kochprobe: zerkocht) ist Seitens einer Militärbehörde zu Widerlagern und Umfassungswänden als Kiesbeton 1 : 3 : 6 verwendet worden. Nach der Verwendung haben sich innerhalb 3 Monaten Nachtheile nicht ergeben.

Cement 112 (Darrprobe: starke Warzenbildung, schwache Netzrisse, Glühprobe: schwache Risse, Kochprobe: stark gekrümmt, Netzrisse) fand im Auslande in Mischung 1 Cement, 3 Sand, $^1/_2$ Fettkalk zu Pfeilerbauten einer großen Eisenbahnbrücke mit ca. 530 m Länge Verwendung, sowie für zwei Eisenbahnviadukte mit je 20 m freier Oeffnung. Zu beiden Bauten sind 7410 cbm bezw. 2050 cbm Mauerwerk erforderlich. Der geprüfte Cement war eine Stichprobe von 9000 Faß, die sich gut verarbeiten ließen und nach 3 Monaten zu keinerlei Beanstandungen Veranlassung gaben.

Cement 103 (Darrprobe: Warzenbildung, Glühprobe: starke Risse, Kochprobe: zerkocht) ist von einer Eisenbahnbehörde zum Bau eines Hochwasserbehälters von 1500 cbm Inhalt verwendet worden. Die Grundmauer aus Bruchsteinen und das aufgehende Mauerwerk aus Ziegelsteinen wurden in verlängertem Cementmörtel, die abdeckenden Gewölbe in reinem Cementmörtel 1 : 3 ausgeführt. Die Sohle wurde aus einer 80 m starken Betonschichtmischung, 1 Thl. Cement, 2 Thl. Sand, $6^1/_2$ Thl. Dioritfeinschlag, und darüber 2 Ziegelflachschichten und eine Ziegelvollschicht in Cementmörtel 1 : 3 nebst einem 2 cm starken Cementestrich 1 : 2 hergestellt. Die Seitenwände wurden mit einem Cementputz 1 : 2 in zwei Lagern von je 1 cm Stärke verputzt. Das Gebäude ist Mitte Juni 1897 fertig geworden. Die eine Kammer des Hochbehälters war von vorn herein völlig dicht; bei der anderen zeigte sich anfangs eine geringe Undichtigkeit, die sich jedoch nach Erneuerung des Putzes an einer unteren Stelle der Vorderwand, an der einige feine Haarrisse auftraten, verlor, so daß jetzt — im Oktober 1897 — der ganze Behälter vollkommen dicht ist.

Nach Vorstehendem ist also unter den zehn durch die beschleunigten Raumbeständigkeitsproben als höchst verdächtig gekennzeichneten Cementen bis jetzt nicht ein einziger, der bei der Verwendung in der Praxis in Bezug auf Raumbeständigkeit zu Beanstandungen Veranlassung gegeben hätte.

Man könnte einwenden, daß die Beobachtungszeit, — bis zu 7 Monaten — zu kurz sei, um ein endgültiges Urtheil zu fällen, und daß möglicherweise noch nach Jahren Treiberscheinungen auftreten könnten. Ich habe deshalb Vorsorge getroffen, daß nach zwei Jahren noch einmal bei den betreffenden Baustellen angefragt wird; die Ergebnisse dieser Anfrage werde ich s. Z. wieder veröffentlichen.

Mit besonderem Danke würde die Versuchsanstalt es begrüßen, wenn aus der Praxis heraus auch ohne Aufforderung mitgetheilt würde, wie die geprüften Cemente sich in der Praxis bewähren.

Wenn solche Mittheilungen laufend eingingen, dann würde mit der Zeit ausreichend Material zusammenkommen, um die Frage der Brauchbarkeit gewisser Prüfungen für die praktische Beurtheilung der Cemente endgültig zu entscheiden.

Betrachten wir nun weiter die in den Tabellen zusammengefaßten Prüfungsergebnisse, so ergiebt sich wieder, wie verschieden die Handelscemente derselben Firma oft ausfallen, und wie nothwendig es mithin ist, jeden Cement vor seiner Verwendung einer sorgfältigen Prüfung zu unterziehen, die sich — wenn sie neben dem relativen Vergleich mit anderen Cementen noch den Nachweis der praktischen Verwendbarkeit des Cementes bezweckt — nicht nur auf die Bedingungen der Normen beschränken, sondern sich auch auf andere Eigenschaften erstrecken sollte. Hierzu gehören in erster Linie die Zug- und Druckfestigkeit in Mischung mit den zur Verfügung stehenden und zur praktischen Verwendung bestimmten Bausanden, Kiesen oder Schottermaterialien, die Dichte der Mörtel, und die Abnutzungsfähigkeit der Cemente, gemessen durch Schleifversuche an Mischungen von verschiedener Magerkeit.

Die vorstehenden Tabellen zeigen ferner aufs Neue, daß die Cemente einer Fabrik, wenn sie von ihr selbst eingeschickt sind, fast stets höhere Festigkeiten ergeben, als wenn sie aus dem Handel (von Konsumenten) an die Versuchsanstalt eingingen. Als Beispiele mögen gelten a, T, W, II, XXVIII, C; der umgekehrte Fall tritt nur selten ein, z. B. bei s, wo s_1 vermuthlich ein besonderes Fabrikat (keinen Portland-Cement) darstellt, w, wo Zug- und Druckfestigkeit wechseln.

Werden die im Jahre 1896/97 geprüften Portland-Cemente mit Ausschluß von drei ausländischen zur Vervollständigung der in der vorangegangenen Veröffentlichung mitgetheilten Festigkeits- und Feinheitskurven nach ihrer 28-Tags-Festigkeit und Mahlfeinheit ausgezählt, so ergiebt sich folgendes:

Zugfestigkeit von 105 Portland-Cementen	mehr als	20	kg/qcm	36 Cemente	= 34 %
	zwischen 20 und	16	„	45 „	= 43 „
	unter	16	„	24 „	= 23 „
Druckfestigkeit von 98 Portland-Cementen	mehr als	200	„	19 „	= 19 „
	zwischen 200 und	160	„	37 „	= 38 „
	unter	160	„	42 „	= 43 „

Mahlfeinheit von 107 Portland-Cementen:

Rückstand auf dem 900 Maschensieb	mehr als . .	10 %	0 Cemente	
„ „ „ „ „	zwischen 10 und	5 „	4 „	= 4 %
„ „ „ „ „	weniger als . .	5 „	103 „	= 96 „

Mit Bezug auf Zugfestigkeit ist somit die Zahl der mittelfesten Cemente gestiegen, während die Zahl der Cemente mit höchster Zugfestigkeit (über 20 kg/qcm) gefallen, die Zahl der den Normen nicht genügenden Cemente gestiegen ist.

Die Zahl der Cemente mit mittlerer Druckfestigkeit ist gefallen, die der Cemente mit höchster (über 200 kg/qcm) Druckfestigkeit etwas, und die Zahl der den Normen in Bezug auf Druckfestigkeit nicht genügenden Cemente erheblich gestiegen.

In Bezug auf Mahlfeinheit haben sich gegen die Vorjahre keine nennenswerthen Aenderungen ergeben.

Die vervollständigten zeichnerischen Darstellungen mit den ergänzten Ausgleichslinien zeigen deutlich, nach welcher Richtung hin die erwähnten Verschiebungen in Bezug auf Zugfestigkeit, Druckfestigkeit und Mahlfeinheit stattgefunden haben.

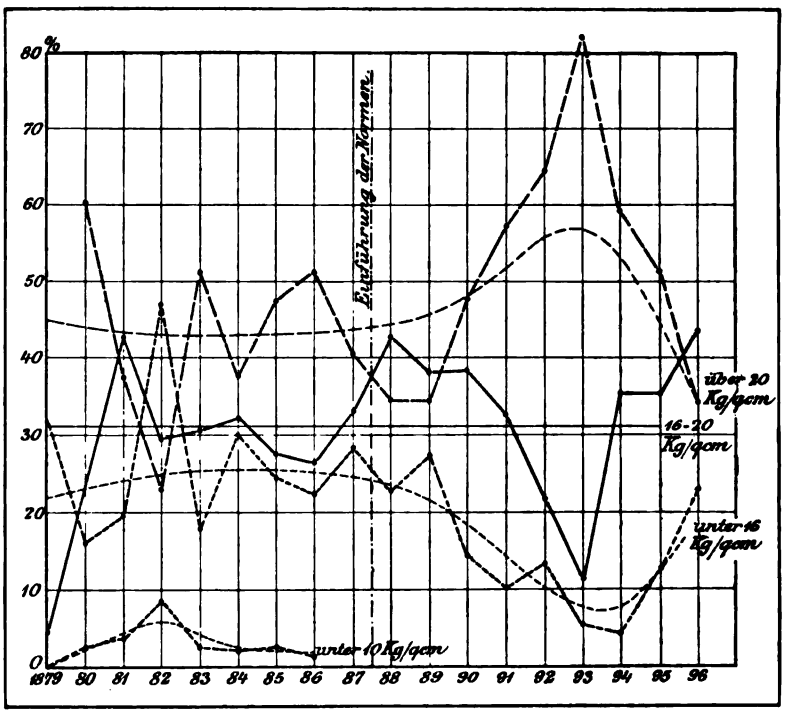

%
80
70
60
50
40
30
20
10
0
Einführung der Körner
über 20 Kg/qcm
16-20 Kg/qcm
unter 16 Kg/qcm
unter 10 Kg/qcm
1879 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96

Fig. 1.

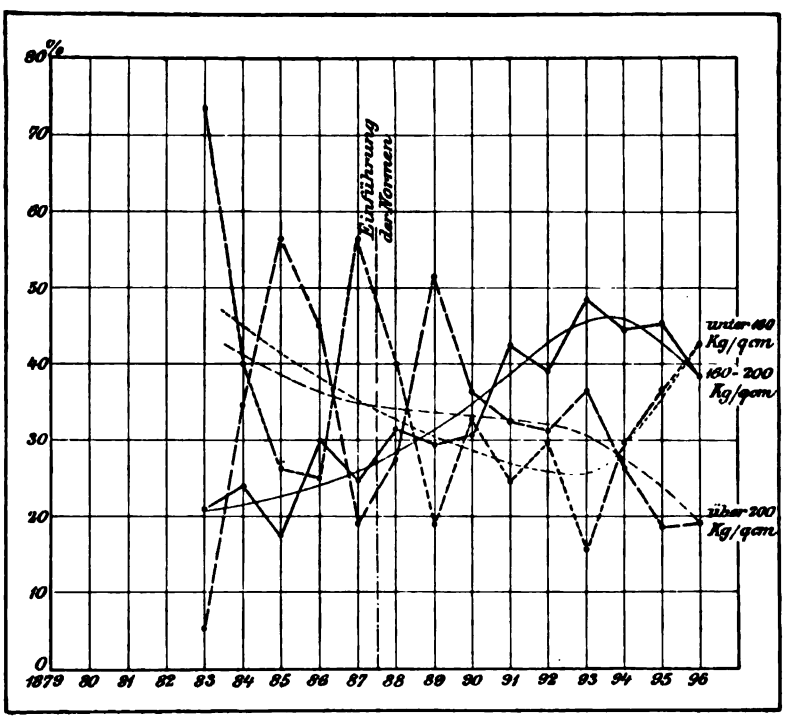

%
80
70
60
50
40
30
20
10
0
Einführung der Körner
unter 160 Kg/qcm
160-200 Kg/qcm
über 200 Kg/qcm
1879 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96

Fig. 2.

Es ist möglich, daß die im Berichtsjahre festgestellte ungünstige Verschiebung in den Festigkeitseigenschaften dem Umstande zuzuschreiben ist, daß die Zahl der von Konsumenten

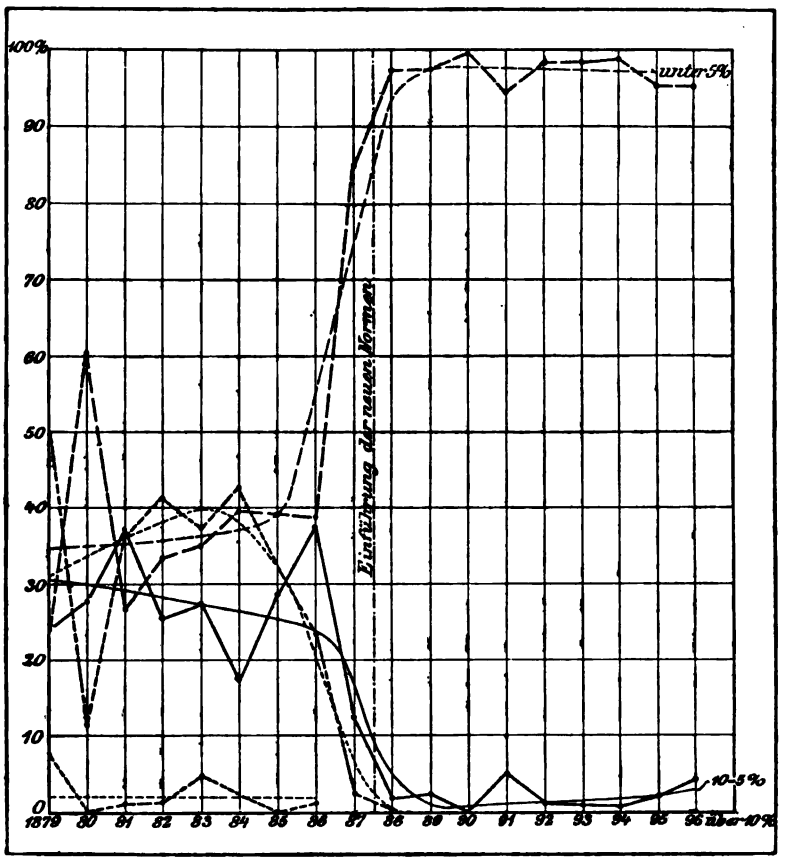


Fig. 3.

eingereichten Cemente gegenüber den direkt aus den Fabriken stammenden in den letzten beiden Jahren erheblich gestiegen ist, denn es kamen aus dem Handel zur Prüfung:

1893/94	von	70	Cementen	17 = 24	%
1894/95	„	92	„	27 = 29	„
1895/96	„	97	„	43 = 44	„
1896/97	„	112	„	43 = 38	„

2. Normalpapiere.

Vom Vorsteher der Abtheilung für Papierprüfung W. Herzberg.

In Heft 2 der „Mittheilungen" 1896 wurden statistische Uebersichten über die in den Jahren 1889—1895 seitens der Behörden verlangten und die ihnen gelieferten Papiere gegeben.

Unter Hinweis auf die dort gemachten Mittheilungen soll in Nachfolgendem das Ergebniß der Zusammenstellungen für das Jahr 1896 mitgetheilt werden.

Zusammenstellung

der Eigenschaften der im Jahre 1896 im Auftrage von Behörden untersuchten Papiere.

I. Papiere, welche besser geliefert wurden als verlangt.

A. Bezüglich der Stoff- und Festigkeitsklasse	2 Papiere	= 0,3 %	Zusammen 94 Papiere = 12,9 %.
B. " " Stoffklasse	1 "	= 0,1 "	
C. " " Festigkeitsklasse . . .	91 "	= 12,5 "	

II. Papiere, welche geliefert wurden wie verlangt . . 495 " = 67,9 %

Zusammen 589 Papiere = 80,8 %.

III. Papiere, welche schlechter geliefert wurden als verlangt.

A. Bezüglich der Stoffklasse	19 Papiere	= 2,6 %	Zusammen 140 Papiere = 19,2 %.
B. " " Festigkeitsklasse . . .	110 "	= 15,1 "	
C. " " Stoff- und Festigkeitsklasse	11 "	= 1,5 "	

Im Ganzen sind also im Jahre 1896 im Auftrage von Behörden 729 Papiere untersucht worden, von denen, wie die vorstehende Zusammenstellung ergiebt,

94 Papiere = 12,9 % besser geliefert wurden als verlangt,
495 " = 67,9 " geliefert wie verlangt und
140 " = 19,2 " schlechter geliefert als verlangt.

Den vorgeschriebenen Lieferungsbedingungen entsprachen also 589 Papiere = 80,8 %. — Stellt man die Ergebnisse der Jahre 1889—1896 einander gegenüber, so ergiebt sich folgende Uebersicht:

Gegenüberstellung

der geforderten und vorhandenen Eigenschaften der in den Jahren 1889—1896 im Auftrage von Behörden untersuchten Papiere.

Pd. Nr.	Jahr	Anzahl der geprüften Papiere	Besser geliefert als verlangt: bezüglich der Stoff- und Festigkeitsklasse %	bezüglich der Stoffklasse %	bezüglich der Festigkeitsklasse %	Schlechter gel. als verlangt: bezüglich der Stoffklasse %	bezüglich der Festigkeitsklasse %	bezüglich der Stoff- und Festigkeitsklasse %	Insgesammt: Besser geliefert als verlangt %	Geliefert wie verlangt %	Schlechter geliefert als verlangt %	d. Bedingungen: genügten %	genügten nicht %
1	1889	266	1,9	3,8	4,1	15,4	24,8	8,3	9,8	41,7	48,5	51,5	48,5
2	1890	453	1,7	6,0	9,5	17,0	19,0	7,1	17,2	39,7	43,1	56,9	43,1
3	1891	440	3,9	4,5	10,0	13,9	15,4	7,5	18,4	44,8	36,8	63,2	36,8
4	1892	359	0,8	4,5	13,9	5,6	19,8	3,0	19,2	52,4	28,4	71,6	28,4
5	1893	438	0,2	0,9	23,7	4,6	8,0	2,5	24,8	60,1	15,1	84,9	15,1
6	1894	436	—	0,2	17,6	3,7	7,6	0,7	17,8	70,2	12,0	88,0	12,0
7	1895	409	—	—	15,4	5,9	11,7	2,0	15,4	65,0	19,6	80,4	19,6
8	1896	729	0,3	0,1	12,5	2,6	15,1	1,5	12,9	67,9	19,2	80,8	19,2

Aus dieser Zusammenstellung geht hervor, daß das Verhältniß der vorschriftsmäßig gelieferten Papiere zu den nicht ausreichenden nahezu dasselbe geblieben ist wie im Vorjahre.

Die Art der festgestellten Verstöße ist aus nachstehender Zusammenstellung ersichtlich.

Zusammenstellung

der im Jahre 1896 bei Behördenlieferungen festgestellten Verstöße gegen die Lieferungsbedingungen.

Laufende Nr.	Verwendungsklasse	Eigenschaften verlangte: Stoffklasse	Eigenschaften verlangte: Festigkeitsklasse	Eigenschaften vorhandene: Stoffklasse	Eigenschaften vorhandene: Festigkeitsklasse	Abweichung bezüglich des Stoffgehaltes	Aschengehalt zu groß um %	Reißlänge zu klein um m	Dehnung zu klein um %	Widerstand gegen Zerknittern	Firma Nr.
						A. Bezüglich der Festigkeitsklasse.					
1	3b	II	4	II	6	—	—	—	0,5	2 statt 4	1
2	3a	II	3	II	5	—	—	—	0,5	3 „ 4	1
3	3b	II	4	II	6	—	—	—	—	2 „ 4	1
4	4a	III	*	III	4	—	—	—	0,1	—	1
5	3a	II	3	II	4	—	—	—	0,2	—	1
6	4a	III	*	III	4	—	—	—	0,1	—	1
7	4b	III	4	III	6	—	—	—	0,2	1 statt 4	1
8	3a	II	3	II	6	—	—	150	0,7	1 „ 5	1
9	4b	III	4	III	5	—	—	—	—	3 „ 4	1
10	4a	III	*	III	6	—	—	—	—	2 „ 4	1
11	3b	II	4	II	6	—	—	—	0,1	1 „ 4	1
12	3b	II	4	II	6	—	—	—	—	2 „ 4	1
13	3a	II	3	II	6	—	—	—	0,5	1 „ 5	1
14	4a	III	*	III	6	—	—	—	0,5	2 „ 4	1
15	3a	II	3	II	4	—	—	—	0,4	4 „ 5	4
16	4a	III	*	III	5	—	—	—	—	3 „ 4	4
17	3b	II	4	II	6	—	—	—	0,5	—	4
18	4b	III	4	III	5	—	—	—	—	3 statt 4	4
19	3b	II	4	II	5	—	—	—	—	3 „ 4	4
20	4b	III	4	III	5	—	—	—	—	3 „ 4	4
21	4b	III	4	III	5	—	—	—	—	3 „ 4	4
22	4b	III	4	III	5	—	—	—	—	3 „ 4	4
23	3a	II	3	II	4	—	—	—	—	4 „ 5	4
24	3b	II	4	II	5	—	—	—	—	3 „ 4	4
25	3b	II	4	II	5	—	—	—	0,1	3 „ 4	4
26	3b	II	4	II	5	—	—	—	—	3 „ 4	4
27	4a	III	*	III	5	—	—	—	0,4	—	4
28	3b	II	4	II	5	—	—	—	—	3 statt 4	5
29	3a	II	3	II	4	—	—	—	—	4 „ 5	6
30	3a	II	3	II	4	—	—	—	—	4 „ 5	6
31	3a	II	3	II	4	—	—	—	—	4 „ 5	6
32	3a	II	3	II	4	—	—	—	—	4 „ 5	6
33	4a	III	*	III	5	—	—	—	—	3 „ 4	7
34	3a	II	3	II	4	—	—	—	—	4 „ 5	9
35	3a	II	3	II	4	—	—	—	—	4 „ 5	9
36	4b	III	4	III	5	—	—	—	—	3 „ 4	10
37	4b	III	4	III	5	—	—	—	—	3 „ 4	10
38	3a	II	3	II	5	—	—	—	—	3 „ 5	12
39	4a	III	*	III	5	—	—	—	0,3	3 „ 5	12
40	4b	III	4	III	5	—	—	—	—	3 „ 4	12
41	2a	I	2	I	3	—	—	—	0,1	—	14
42	2a	I	2	I	3	—	—	125	0,2	—	14
43	3b	II	4	II	5	—	—	—	—	3 statt 4	14
44	4b	III	4	III	5	—	—	—	—	3 „ 4	14
45	3a	II	3	II	4	—	—	—	—	4 „ 5	16
46	4b	III	4	III	6	—	—	—	—	2 „ 6	16
47	2a	I	2	I	3	—	—	—	0,3	—	17
48	2a	I	2	I	3	—	—	—	0,4	—	17
49	3a	II	3	II	4	—	—	—	0,1	—	17
50	3b	II	4	II	5	—	—	—	—	3 statt 4	17
51	3a	II	3	II	4	—	—	25	—	4 „ 5	18
52	3a	II	3	II	4	—	—	—	—	4 „ 5	18
53	3a	II	3	II	4	—	—	—	—	4 „ 5	18

Laufende Nr.	Verwendungsklasse	Eigenschaften verlangte Stoffklasse	Eigenschaften verlangte Festigkeitsklasse	Eigenschaften vorhandene Stoffklasse	Eigenschaften vorhandene Festigkeitsklasse	Abweichung bezüglich des Stoffgehaltes	Aschengehalt zu groß um %	Reißlänge zu klein um m	Dehnung zu klein um %	Widerstand gegen Zerknittern	Firma Nr.
54	3a	II	3	II	4	—	—	—	—	4 statt 5	18
55	3b	II	4	II	5	—	—	—	—	3 „ 4	18
56	3b	II	4	II	5	—	—	—	—	3 „ 4	18
57	4b	III	4	III	5	—	—	—	—	3 „ 4	18
58	4b	III	4	III	5	—	—	—	0,5	3 „ 4	18
59	4a	III	*	III	5	—	—	—	—	3 „ 4	20
60	3b	II	4	I	5	—	—	—	—	3 „ 4	22
61	4a	III	*	III	5	—	—	—	0,3	—	23
62	4a	III	*	III	5	—	—	—	—	3 statt 4	23
63	3a	II	3	II	4	—	—	—	0,1	—	26
64	4a	III	*	III	5	—	—	—	—	3 statt 4	27
65	4a	III	*	III	5	—	—	—	—	3 „ 5	27
66	4a	III	*	III	5	—	—	125	0,1	3 „ 5	31
67	4b	III	4	III	5	—	—	—	—	3 „ 4	34
68	3a	II	3	II	4	—	—	—	—	4 „ 5	38
69	2a	I	2	I	3	—	—	400	—	—	39
70	3a	II	3	II	4	—	—	—	0,3	4 statt 5	39
71	4b	III	4	III	5	—	—	—	0,2	3 „ 4	40
72	2a	I	2	I	3	—	—	—	0,3	—	41
73	2a	I	2	I	3	—	—	125	0,5	—	41
74	3a	II	3	II	4	—	—	—	—	4 statt 5	41
75	3a	II	3	II	4	—	—	—	0,1	—	41
76	3b	II	4	II	5	—	—	—	—	3 statt 4	41
77	4a	III	*	III	5	—	—	—	0,3	—	41
78	4a	III	*	III	5	—	—	—	—	3 statt 4	41
79	4a	III	*	III	5	—	—	—	—	3 „ 4	41
80	4a	III	*	III	4	—	—	—	0,2	—	41
81	3b	II	4	II	5	—	—	—	—	3 statt 4	42
82	3a	II	3	II	4	—	—	—	0,1	4 „ 5	43
83	3a	II	3	II	4	—	—	—	0,1	4 „ 5	43
84	3b	II	4	II	5	—	—	—	—	3 „ 4	43
85	3b	II	4	II	5	—	—	—	—	3 „ 4	43
86	3b	II	4	II	5	—	—	—	—	3 „ 4	43
87	4a	III	*	III	6	—	—	—	0,4	2 „ 4	43
88	4b	III	4	III	5	—	—	—	—	3 „ 4	43
89	4b	III	4	III	6	—	—	—	—	2 „ 4	43
90	4b	III	4	III	5	—	—	—	—	3 „ 4	43
91	2a	I	2	I	3	—	—	—	0,3	—	44
92	3b	II	4	II	5	—	—	—	—	3 statt 4	44
93	3b	II	4	II	5	—	—	—	—	3 „ 4	44
94	3b	II	4	II	5	—	—	—	—	3 „ 4	44
95	3b	II	4	II	5	—	—	—	—	3 „ 4	44
96	3b	II	4	II	5	—	—	—	—	3 „ 4	44
97	4a	III	*	III	4	—	—	—	0,2	—	44
98	4a	III	*	III	5	—	—	—	0,3	—	44
99	4b	III	4	III	5	—	—	—	0,2	3 statt 4	44
100	3a	II	3	II	4	—	—	—	—	4 „ 5	56
101	4a	III	*	III	6	—	—	425	—	2 „ 4	56
102	4b	III	4	III	5	—	—	—	—	3 „ 4	56
103	5a	II	3	II	4	—	—	275	—	4 „ 5	†
104	8b	III	4	III	5	—	—	—	—	3 „ 4	†
105	4b	III	4	III	5	—	—	—	—	3 „ 4	†
106	7a	I	2500 m 3,5 %	I	2400 m 4,9 %	—	—	100	—	—	†
107	7b	III	2500 m 2,5 %	III	3550 m 2,2 %	—	—	—	0,3	—	†
108	7b	III	2500 m 2,5 %	III	4150 m 2,4 %	—	—	—	0,1	—	†
109	6	IV	5	IV	6	—	—	—	0,1	2 statt 3	†
110	8a	I	4	I	5	—	—	100	—	—	†

Laufende Nr.	Verwendungsklasse	Eigenschaften verlangte Stoffklasse	Eigenschaften verlangte Festigkeitsklasse	Eigenschaften vorhandene Stoffklasse	Eigenschaften vorhandene Festigkeitsklasse	Abweichung bezüglich des Stoffgehaltes	Aschengehalt zu groß um %	Reißlänge zu klein um m	Dehnung zu klein um %	Widerstand gegen Zerknittern	Firma Nr.
B. Bezüglich der Stoffklasse.											
1	3b	II	4	III	4	Zu viel Holzcellulose	—	—	—	—	1
2	3b	II	4	III	4	„ „ „	—	—	—	—	1
3	3a	II	4	III	4	„ „ „	—	—	—	—	1
4	3b	II	4	III	4	„ „ „	—	—	—	—	1
5	3b	II	4	III	3	„ „ „	—	—	—	—	5
6	3b	II	4	III	4	—	0,8	—	—	—	6
7	2a	I	2	II	2	Enthält geringe Mengen Holzcellulose	—	—	—	—	7
8	3a	II	3	III	3	—	1,1	—	—	—	14
9	3a	II	3	III	3	Zu viel Holzcellulose	—	—	—	—	18
10	3a	II	3	III	3	„ „ „	—	—	—	—	23
11	3a	II	3	III	3	„ „ „	—	—	—	—	23
12	3b	II	4	III	3	—	0,5	—	—	—	23
13	4a	III	*	IV	*	—	0,8	—	—	—	23
14	3a	II	3	III	3	Zu viel Holzcellulose	—	—	—	—	29
15	2b	I	3	II	3	Enthält „	—	—	—	—	44
16	3a	II	3	III	3	Zu viel Holz- und Strohcellulose	—	—	—	—	50
17	3b	II	4	III	3	„ „ Holzcellulose	—	—	—	—	50
18	3a	II	3	III	3	„ „ „	0,4	—	—	—	50
19	5a	II	3	III	3	„ „ „	—	—	—	—	†
C. Bezüglich der Stoff- und Festigkeitsklasse.											
1	3b	II	4	III	5	Zu viel Holzcellulose	—	—	0,1	3 statt 4	1
2	3a	II	3	III	6	„ „ „	—	150	0,7	1 „ 5	1
3	3b	II	4	III	5	„ „ „	—	—	—	3 „ 4	1
4	3b	II	4	III	5	„ „ „	—	—	0,1	3 „ 4	1
5	3a	II	3	III	4	„ „ „	—	—	0,1	—	5
6	3b	II	4	III	6	„ „ „	3,5	—	—	2 „ 4	13
7	3a	II	3	III	4	—	1,2	50	—	4 „ 5	18
8	3b	II	4	III	5	Zu viel Holzcellulose	—	—	—	3 „ 4	27
9	3b	II	4	III	6	„ „ „	—	—	—	2 „ 4	32
10	4a	III	*	IV	6	—	1,5	—	0,1	2 „ 4	32
11	3a	II	3	III	4	Zu viel Holz- und Strohcellulose	1,4	75	—	4 „ 5	50

† Papiere ohne Wasserzeichen.

* Reißlänge = 3500 m, Dehnung = 2,75 %, Widerstand gegen Zerknittern = 4.

Bei den Verstößen gegen die Festigkeit handelt es sich also theilweise um eine zu geringe Reißlänge (Minimum der Abweichung 25 m, Maximum 425 m), theils um eine zu geringe Dehnung (Minimum 0,1 %, Maximum 0,7 %), theils um einen zu geringen Widerstand gegen Zerknittern (Minimum eine Stufe, Maximum vier Stufen). In 24 Fällen ist gegen zwei dieser drei Festigkeitseigenschaften gleichzeitig verstoßen, in zwei Fällen gegen alle drei.

Bei den Verstößen gegen die Stoffklasse handelt es sich theils um einen zu hohen Aschengehalt (Minimum der Ueberschreitung 0,4 %, Maximum 1,1 %), theils um einen zu hohen Gehalt an Cellulose bei den Papieren der Stoffklasse II, und in zwei Fällen um einen geringen Gehalt an Cellulose bei zwei Papieren, welche aus reinen Lumpen hergestellt sein sollten (Normalpapier 2a und 2b).

Die Art der Verstöße muß also im Allgemeinen, abgesehen von den Fällen, in denen der Widerstand gegen Zerknittern um zwei und mehr Stufen zu gering ausgefallen ist, als milde angesehen werden.

In mehrfach wiederholten Fällen sind an Verstößen gegen die gewährleisteten Eigenschaften, soweit es sich um Wasserzeichenpapiere handelt, die Firmen 1, 4, 18, 41, 43 und 44 betheiligt, auf welche allein 73, also mehr als die Hälfte der nicht genügenden Papiere, entfallen.

Es rühren her

22	nicht	genügende	Papiere	von	der	Firma	1
13	„	„	„	„	„	„	4
10	„	„	„	„	„	„	18
9	„	„	„	„	„	„	41
9	„	„	„	„	„	„	43
10	„	„	„	„	„	„	44

Ein so ungünstiges Ergebniß, wie es sich im Jahre 1896 für die Firma 1 ergeben hat, wurde bisher noch in keinem Jahre bei irgend einer Firma beobachtet.

Während der Prozentsatz der den Behörden gelieferten genügenden Papiere, wie gezeigt, annähernd derselbe geblieben ist wie im Jahre 1895, hat sich das Verhältniß bei Lieferungen an Private, soweit der Versuchsanstalt die diesen Lieferungen zu Grunde gelegten Bedingungen bekannt geworden sind, etwas verschlechtert.

Zusammenstellung

der Eigenschaften der im Jahre 1896 im Auftrage von Privaten untersuchten Papiere.

I. Papiere, welche besser geliefert wurden als verlangt.

A.	Bezüglich der Stoff- und Festigkeitsklasse	0 Papiere	= 0 %	Zusammen 10 Papiere = 13,7 %.
B.	„ „ Stoffklasse	0 „	= 0 „	
C.	„ „ Festigkeitsklasse . . .	10 „	= 13,7 „	
II.	Papiere, welche geliefert wurden wie verlangt . . .	43 „	= 58,9 „	
		Zusammen 53 Papiere	= 72,6 %.	

III. Papiere, welche schlechter geliefert wurden als verlangt.

A.	Bezüglich der Stoffklasse	6 Papiere	= 8,2 %	Zusammen 20 Papiere = 27,4 %.
B.	„ „ Festigkeitsklasse	13 „	= 17,8 „	
C.	„ „ Stoff- und Festigkeitsklasse	1 „	= 1,4 „	

Im Ganzen sind also im Jahre 1896 im Auftrage von Privaten 73 Papiere vollständig untersucht worden, deren Lieferungsbedingungen bekannt waren; von diesen wurden

10 Papiere = 13,7 % besser geliefert als verlangt,
43 „ = 58,9 „ geliefert wie verlangt und
20 „ = 27,4 „ schlechter geliefert wie verlangt.

Den vorgeschriebenen Lieferungsbedingungen entsprachen also 53 Papiere = 72,6 %. — Stellt man die Ergebnisse der Jahre 1890—1896 einander gegenüber, so ergiebt sich folgende Uebersicht:

Gegenüberstellung

der geforderten und vorhandenen Eigenschaften der in den Jahren 1890—1896 im Auftrage von Privatleuten untersuchten Papiere.

Lfd. Nr.	Jahr	Anzahl der geprüften Papiere	Besser geliefert als verlangt: bezügl. der Stoff- und Festigkeitsklasse %	Besser geliefert als verlangt: bezüglich der Stoffklasse %	Besser geliefert als verlangt: bezüglich der Festigkeitsklasse %	Geliefert wie verlangt %	Schlechter geliefert als verlangt: bezüglich der Stoffklasse %	Schlechter geliefert als verlangt: bezüglich der Festigkeitsklasse %	Schlechter geliefert als verlangt: bezügl. der Stoff- und Festigkeitsklasse %	Den Bedingungen: genügten %	Den Bedingungen: genügten nicht %
1	1890	66	—	1,5	19,7	53,0	7,6	16,7	1,5	74,2	25,8
2	1891	96	1,0	1,0	22,9	56,3	2,1	15,6	1,0	81,3	18,7
3	1892	236	0,8	3,4	14,4	55,5	5,1	17,8	3,0	74,1	25,9
4	1893	146	—	—	23,3	48,6	4,1	22,6	1,4	71,9	28,1
5	1894	81	—	—	9,9	63,0	1,2	25,9	—	72,9	27,1
6	1895	65	—	—	23,1	55,4	9,2	12,3	—	78,5	21,5
7	1896	73	—	—	13,7	58,9	8,2	17,8	1,4	72,6	27,4

Die Art der im Jahre 1896 bei Privatlieferungen festgestellten Verstöße ist aus nachstehender Zusammenstellung ersichtlich.

Zusammenstellung

der im Jahre 1896 bei Privatlieferungen festgestellten Verstöße gegen die Lieferungsbedingungen.

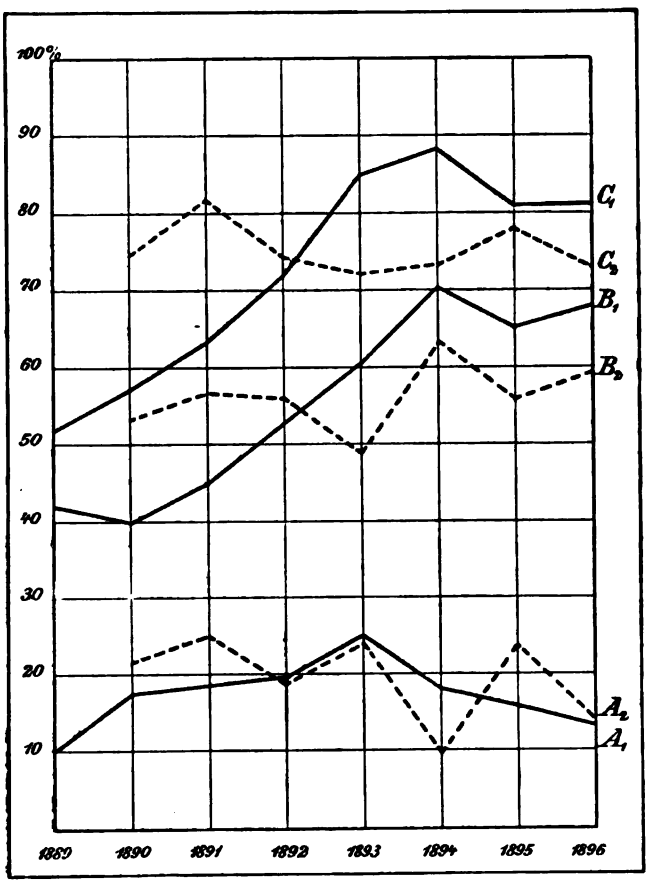
Laufende Nr.	Verwendungsklasse	Eigenschaften: verlangte Stoffklasse	verlangte Festigkeitsklasse	vorhandene Stoffklasse	vorhandene Festigkeitsklasse	Abweichung bezüglich des Stoffgehaltes	Aschengehalt zu groß um %	Reißlänge zu klein um m	Dehnung zu klein um %	Widerstand gegen Zerknittern	Firma Nr.
						A. Bezüglich der Festigkeitsklasse.					
1	3a	II	3	II	4	—	—	—	—	4 statt 5	1
2	3a	II	3	II	4	—	—	—	—	4 „ 5	1
3	3a	II	3	II	4	—	—	—	0,1	4 „ 5	1
4	3b	II	4	II	6	—	—	—	—	1 „ 4	1
5	3b	II	4	II	5	—	—	—	—	3 „ 4	18
6	4a	III	*	III	4	—	—	—	0,2	—	30
7	4a	III	*	III	5	—	—	—	—	3 statt 4	32
8	4b	III	4	III	5	—	—	—	—	3 „ 4	40
9	3b	II	4	II	5	—	—	—	—	3 „ 4	40
10	4a	III	*	III	5	—	—	—	0,1	3 „ 4	40
11	3b	II	4	II	5	—	—	—	—	3 „ 4	50
12	4a	III	*	III	6	—	—	100	0,2	2 „ 4	61
13	6	IV	5	IV	6	—	—	—	—	1 „ 3	†
						B. Bezüglich der Stoffklasse.					
1	3b	II	4	III	4	Zu viel Holzcellulose	—	—	—	—	32
2	3b	II	4	III	4	„ „ „	—	—	—	—	41
3	3b	II	4	III	3	„ „ „	—	—	—	—	41
4	3b	II	4	III	4	Zu viel Holz- und Strohcellulose	—	—	—	—	50
5	3b	II	4	III	4	„ „ Holzcellulose	—	—	—	—	†
6	7a	I	2500 m 3,5 %	IV	3350 m 7,8 %	Enthält Jute	1,0	—	—	—	†
						C. Bezüglich Stoff- und Festigkeitsklasse.					
1	3b	II	4	III	5	Zu viel Holzcellulose	—	—	—	3 statt 4	61

* Reißlänge = 3500 m, Dehnung = 2,75 %, Widerstand gegen Zerknittern = 4.

† Papiere ohne Wasserzeichen.

Die Verstöße der 20 = 27,4 % nicht genügenden Papiere gegen die Lieferungsbedingungen sind also im Großen und Ganzen ziemlich milder Natur.

Bei den Verstößen gegen die Festigkeitsklasse handelt es sich einmal um eine zu geringe Reißlänge (100 m zu wenig), 4 mal um eine zu geringe Dehnung (Minimum 0,1 %, Maximum 0,2 %) und 13 mal um einen zu geringen Widerstand gegen Zerknittern (Minimum 1 Stufe, Maximum 3 Stufen). In 3 Fällen ist gegen zwei dieser drei Festigkeitseigenschaften gleichzeitig verstoßen, in einem gegen alle drei.



Erfüllung der Lieferungsbedingungen für Normalpapiere in den Jahren 1889—1896.

A = besser geliefert als verlangt. $A_1 B_1 C_1$ = Behördenlieferungen.
B = geliefert wie verlangt. $A_2 B_2 C_2$ = Privatlieferungen.
C = den Lieferungsbedingungen entsprechend.

Die nebenstehenden Schaulinien geben ein übersichtliches Gesammtbild über das vorstehend Gesagte.

Hinsichtlich der mit einem vorschriftsmäßigen Wasserzeichen versehenen Papiere ist noch Folgendes zu bemerken.

Von den im Jahre 1891 vollständig untersuchten 35 Wasserzeichenpapieren besaßen 33 = 94,3 % die durch das Wasserzeichen gewährleisteten Eigenschaften und 2 = 5,7 % nicht. Die Abweichung der Eigenschaften der beiden letzten Papiere von den verbürgten Werthen war eine geringfügige; das eine hatte einen um 0,5 % zu hohen Aschengehalt, und das zweite blieb im Widerstand gegen Zerknittern um eine Stufe zurück.

Im Jahre 1892 gelangten 187 Wasserzeichenpapiere zur Prüfung, von denen 163 = 87,2 % die durch das Wasserzeichen gewährleisteten Eigenschaften besaßen und 24 = 12,8 % nicht.

Von den 24 nicht genügenden Papieren verstießen 1 = 0,5 % sowohl gegen die Stoff- als auch gegen die Festigkeitsklasse, 8 Papiere = 4,3 % verstießen gegen die Stoffklasse und 15 Papiere = 8,0 % gegen die Festigkeitsklasse.

Im Jahre 1893 gelangten 497 Wasserzeichenpapiere zur Prüfung, von denen 422 = 84,9 % die durch das Wasserzeichen gewährleisteten Eigenschaften besaßen und 75 = 15,1 % nicht.

Von den 75 nicht genügenden Papieren verstießen 8 = 1,6 % sowohl gegen die Stoff- als auch gegen die Festigkeitsklasse, 18 = 3,1 % gegen die Stoffklasse und 49 = 9,9 % gegen die Festigkeitsklasse.

Im Jahre **1894** gelangten 458 Wasserzeichenpapiere zur Prüfung, von denen 404 = 88,2 % die durch das Wasserzeichen gewährleisteten Eigenschaften besaßen und 54 = 11,8 % nicht.

Von den 54 nicht genügenden Papieren verstießen 2 = 0,4 % sowohl gegen die Stoff- als auch gegen die Festigkeitsklasse, 17 = 3,7 % gegen die Stoffklasse und 35 = 7,6 % gegen die Festigkeitsklasse.

Im Jahre **1895** gelangten 437 Wasserzeichenpapiere zur Prüfung, von denen 357 = 81,7 % die durch das Wasserzeichen gewährleisteten Eigenschaften besaßen und 80 = 18,3 % nicht.

Von den 80 nicht genügenden Papieren verstießen 7 = 1,6 % sowohl gegen die Stoff- als auch gegen die Festigkeitsklasse, 23 = 5,3 % gegen die Stoffklasse und 50 = 11,4 % gegen die Festigkeitsklasse.

Im Jahre **1896** wurden 859 Wasserzeichenpapiere untersucht und zwar 763 auf alle für Normalpapiere vorgeschriebenen Eigenschaften und 96, bei denen nur einzelne Eigenschaften ermittelt werden sollten.

Die mit den ersterwähnten 763 Papieren gemachten Erfahrungen sind nachstehend zusammengestellt.

I. Papiere, bei welchen bessere Eigenschaften erreicht wurden, als das Wasserzeichen gewährleistete.

A.	Bezüglich der Stoff- und Festigkeitsklasse	0 Papiere	= 0 %	Zusammen 90 Papiere = 11,8 %.
B.	„ „ Stoffklasse	1 „	= 0,1 %	
C.	„ „ Festigkeitsklasse	89 „	= 11,7 %	

II. Papiere, bei welchen die durch das Wasserzeichen gewährleisteten Eigenschaften vorhanden waren . . 525 „ = 68,8 %

Zusammen 615 Papiere = 80,6 %.

III. Papiere, bei welchen die durch das Wasserzeichen gewährleisteten Eigenschaften nicht vorhanden waren.

A.	Bezüglich der Festigkeitsklasse	114 Papiere	= 14,9 %	Zusammen 148 Papiere = 19,4 %.
B.	„ „ Stoffklasse	22 „	= 2,9 %	
C.	„ „ Stoff- und Festigkeitsklasse	12 „	= 1,6 %	

Im Ganzen genügten also im Jahre 1896: 615 Papiere = 80,6 % den durch das Wasserzeichen gewährleisteten Eigenschaften.

Unter diesen 615 genügenden Papieren befanden sich 119 = 19,3 %, welche dem Wasserzeichen nur mit Rücksicht auf § 4 der „Vorschriften für die Lieferung und Prüfung von Papier zu amtlichen Zwecken" entsprachen; nach diesem Paragraphen dürfen bekanntlich die mit einem vorschriftsmäßigen Wasserzeichen versehenen Papiere in ihrer Reißlänge um höchstens 10 % und in ihrer Dehnung ebenfalls um höchstens 10 % nach unten hin von den verlangten Werthen abweichen.

Von den oben erwähnten 96 Papieren, bei denen nur einzelne Eigenschaften festzustellen waren, wurden

1. 3 Papiere auf Stoffzusammensetzung.
2. 1 „ „ Stoffzusammensetzung, Aschengehalt, Reißlänge und Dehnung.
3. 7 „ „ Aschengehalt, Reißlänge, Dehnung, Widerstand gegen Zerknittern.

4. 14 Papiere auf Reißlänge, Dehnung, Widerstand gegen Zerknittern.
5. 5 „ „ Reißlänge, Dehnung.
6. 66 „ „ Widerstand gegen Zerknittern

untersucht.

Von	den	Papieren	zu	1	genügten	2	und	1	genügten	nicht
„	„	„	„	2	„	1	„	0	„	„
„	„	„	„	3	„	7	„	0	„	„
„	„	„	„	4	„	13	„	1	„	„
„	„	„	„	5	„	5	„	0	„	„
„	„	„	„	6	„	61	„	5	„	„

Vergleicht man die in den Jahren 1891—1896 bei der Untersuchung von Wasserzeichenpapieren gemachten Erfahrungen, so ergiebt sich folgende Uebersicht:

Uebersicht

über die in den Jahren 1891—1896 bei der Untersuchung von Wasserzeichenpapieren gemachten Erfahrungen.

Jahr	Anzahl der Papiere	Besser als im Wasserzeichen gewährleistet %	Wie im Wasserzeichen gewährleistet %	Schlechter als im Wasserzeichen gewährleistet %	Dem Wasserzeichen	
					entsprachen %	entsprachen nicht %
1891	35	34,3	60,0	5,7	94,3	5,7
1892	187	19,8	67,4	12,8	87,2	12,8
1893	497	23,9	61,0	15,1	84,9	15,1
1894	458	16,6	71,6	11,8	88,2	11,8
1895	437	17,4	64,3	18,3	81,7	18,3
1896	763	11,8	68,8	19,4	80,6	19,4

Gegen das Vorjahr hat sich also das Verhältniß der dem Wasserzeichen entsprechenden Papiere zu den nicht ausreichenden nicht wesentlich geändert.

Ein Vergleich der Ergebnisse der letzten Jahre mit denen des Jahres 1891 ist nicht zulässig, da einmal die Anzahl der 1891 untersuchten Papiere sehr gering ist und ferner in jenem Jahre nur wenige und hervorragende Firmen sich mit der Herstellung von Wasserzeichenpapieren befaßten.

In nachfolgender Tabelle (Seite 243) sind die 763 im Jahre 1896 vollständig untersuchten Wasserzeichenpapiere nach den Verwendungsklassen 1—4b und nach den Firmen, von denen sie erzeugt sind, geordnet. Die hier angemeldeten Firmen wurden für diese statistischen Berichte in einer beliebigen Reihenfolge in eine Liste eingetragen und mit laufenden Nummern versehen.

Die Tabelle zeigt zunächst, daß im ganzen 763 Papiere von 50 verschiedenen Fabriken (gegen 44 im Vorjahr) zur Untersuchung gelangten; von 17 Fabriken, die außer den 50 ihr Wasserzeichen bei der Versuchsanstalt angemeldet hatten, gelangten keine Papiere zur Untersuchung. Die Sicherheit der einzelnen Fabriken in der Herstellung von Papieren mit bestimmten Eigenschaften ist, wie die Tabelle zeigt, recht verschieden; man muß hierbei naturgemäß diejenigen Firmen außer Betracht lassen, welche nur mit einem oder einer geringen Anzahl von Papieren vertreten sind. Vergleicht man nur die Firmen, bei denen mehr als 10 Papiere geprüft sind, so genügten z. B. bei der Firma 1 nur 32 % den durch das Wasserzeichen gewährleisteten Eigenschaften; bei den übrigen Firmen findet sich dann eine Steigerung des Prozentsatzes an

Die 763 im Jahre 1896 vollständig untersuchten Wasserzeichenpapiere nach Firmen und Verwendungsklassen geordnet.

Firma Nr.	Angahl der untersuchten Papiere	Den durch das Wasserzeichen gewährleisteten Eigenschaften		Innerhalb des Spielraums von 10 % lagen	Von den Papieren der Verwendungsklasse																				
					1			2a			2b			3a			3b			4a			4b		
		genügten	genügten nicht		genügten		nicht genügten	genügten		nicht genügten	genügten		nicht genügten	genügten		nicht genügten	genügten		nicht genügten	genügten		nicht genügten	genügten		nicht genügten
		%	%	%	ohne 10 % Spielraum	nur mit 10 % Spielraum		ohne 10 % Spielraum	nur mit 10 % Spielraum		ohne 10 % Spielraum	nur mit 10 % Spielraum		ohne 10 % Spielraum	nur mit 10 % Spielraum		ohne 10 % Spielraum	nur mit 10 % Spielraum		ohne 10 % Spielraum	nur mit 10 % Spielraum		ohne 10 % Spielraum	nur mit 10 % Spielraum	
1	38	32	68	11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	8	4	—	12	—	4	4	3	—	2
3	2	100	0	100	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—
4	36	64	36	14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	1	2	11	—	5	3	3	2	1	1	4
5	24	87	13	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	9	—	1	3	—	2	3	1	—	5	—	—
6	59	92	8	16	—	—	—	6	3	—	6	—	—	19	6	4	11	—	1	1	—	—	1	1	—
7	2	0	100	0	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—
8	21	100	0	19	—	—	—	—	2	—	4	1	—	8	1	—	3	—	—	1	—	—	1	—	—
9	9	78	22	0	—	—	—	1	—	—	1	—	—	—	—	2	3	—	—	1	—	—	1	—	—
10	14	86	14	43	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	1	4	—	5	—	2
12	7	57	43	14	—	—	—	1	1	—	—	—	—	1	—	1	—	—	—	—	—	1	1	—	1
13	2	50	50	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	1	—	—
14	81	94	6	25	—	—	—	2	11	2	5	3	—	24	6	1	21	—	1	2	—	—	2	—	1
15	45	100	0	13	—	—	—	4	5	—	3	—	—	8	1	—	13	—	—	3	—	—	8	—	—
16	4	50	50	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	—	—	—	—	—	—	1	—	1
17	8	50	50	25	—	—	—	—	—	2	—	1	—	1	—	1	1	1	1	—	—	—	—	—	—
18	26	58	42	8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5	1	6	1	—	3	4	—	—	3	1	2
20	9	89	11	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	2	—	—	1	—	1	3	—	—
21	1	100	0	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—
22	2	50	50	50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—
23	42	86	14	2	—	—	—	3	—	—	3	—	—	7	—	2	12	—	1	1	1	3	9	—	—
24	2	100	0	50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	—
26	14	93	7	14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	1	1	4	—	—	—	1	—	4	—	—
27	10	70	30	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	—	—	—	—	1	2	—	2	2	—	—
29	9	89	11	11	—	—	—	1	1	—	—	—	—	5	—	1	—	—	—	—	—	—	1	—	—
30	1	0	100	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—
31	14	93	7	14	—	—	—	4	1	—	3	—	—	4	—	—	—	—	—	—	1	1	—	—	—
32	5	20	80	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	2	—	—	2	—	—	—
33	10	100	0	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4	—	—	1	—	—	1	—	—	4	—	—
34	1	0	100	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
35	13	100	0	0	—	—	—	4	—	—	6	—	—	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
36	5	100	0	60	—	—	—	—	1		—	—	—	2	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
37	2	100	0	0	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—
38	1	0	100	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
39	10	80	20	30	—	—	—	1	1	1	—	1	—	2	1	1	2	—	—	—	—	—	—	—	—
40	7	43	57	14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	2	—	1	—	—	1	—	—	2
41	57	81	19	26	1	1	—	—	2	2	—	—	—	10	7	2	8	—	3	5	4	4	7	1	—
42	22	95	5	5	—	—	—	1	—	—	—	—	—	11	1	—	5	—	1	3	—	—	—	—	—
43	27	76	24	14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4	2	2	7	—	3	7	3	1	5	—	3
44	63	84	16	24	—	—	—	6	2	1	4	1	1	12	6	—	9	3	5	3	2	2	4	1	1
46	3	100	0	33	2	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
48	3	100	0	33	—	—	—	2	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
50	20	70	30	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	3	7	—	3	3	—	—	2	—	—
51	3	100	0	33	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	1	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—
53	2	100	0	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	1	—	—
56	3	0	100	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	1	—	—	1
57	1	100	0	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—
58	1	100	0	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—
59	6	100	0	33	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	2	—	3	—	—
60	1	100	0	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—
61	5	60	40	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	—	—	1	2	—	—
Sa.	763	81	19	16	3	1	0	37	33	9	36	7	1	154	41	41	133	4	48	49	27	28	33	7	21

genügenden Papieren und bei den Firmen 8, 15, 33, 35 genügten sämmtliche Papiere den gewährleisteten Eigenschaften.

Ein Vergleich derjenigen Firmen, deren Papiere in den Jahren 1893—1896 sämmtlich genügten, ergiebt Folgendes:

Im Jahre 1893 genügten durchweg nur die Papiere der Firmen 5, 8, 14, 15, 29, 35,
„ „ 1894 „ „ „ „ „ „ „ 5, 6, 14, 23, 43,
„ „ 1895 „ „ „ „ „ „ „ 8, 15, 35, 42,
„ „ 1896 „ „ „ „ „ „ „ 8, 15, 33, 35.

Durch die Anzahl der im Jahre 1896 untersuchten Papiere fallen besonders die

Firmen 6 mit 59 Papieren
„ 14 „ 81 „
„ 41 „ 57 „
„ 44 „ 63 „

auf.

Ordnet man die von 1893—1896 untersuchten Papiere nach Verwendungsklassen, so ergiebt sich, daß

1893	1894	1895	1896							1893 %	1894 %	1895 %	1896 %
4	12	2	4	Papiere zur Klasse			1	gehörten;	hiervon genügten	100	75	100	100
57	69	53	79	„	„	„	2a	„	„ „	93	84	90	89
36	34	28	44	„	„	„	2b	„	„ „	94	91	100	98
133	108	134	236	„	„	„	3a	„	„ „	86	87	83	83
91	101	90	185	„	„	„	3b	„	„ „	78	94	78	74
95	70	69	104	„	„	„	4a	„	„ „	76	83	71	73
81	64	61	111	„	„	„	4b	„	„ „	90	92	80	81

Das Ergebniß ist also fast das Gleiche wie im Vorjahre. In nachstehender Tabelle (Seite 245) ist zur Gewinnung eines Gesammtüberblickes über die Leistungen der verschiedenen Fabriken in den verschiedenen Jahren die Anzahl der Papiere jeder Fabrik nach Firmennummern und Jahren geordnet eingetragen. Die Tabelle wird ein von Jahr zu Jahr interessanter werdendes Bild über die Leistungsfähigkeit und den Antheil der einzelnen Fabriken bei Behördenlieferungen abgeben. Schon jetzt giebt sie einige bemerkenswerthe Beobachtungen.

Die Firma 2 hat 1893 und 1894 verhältnißmäßig schlecht geliefert; sie ist in den nächsten Jahren überhaupt nicht mehr vertreten; bei der Firma 1 ist trotz schlechter Lieferungen eine Zunahme der Papiere zu verzeichnen. Die nächsten Jahre werden aber voraussichtlich eine Abnahme der Anzahl der Papiere bringen, wenn die Fabrik nicht große Anstrengungen macht, die Güte ihrer Papiere wieder in die Höhe zu bringen.

Bei den Firmen 6, 8, 10, 14, 15, 41 und 44, welche verhältnißmäßig gut, theilweise sogar sehr gut geliefert haben, zeigt sich eine theilweise recht beträchtliche Zunahme der Anzahl der Papiere.

Das Bild, welches die Tabelle bieten soll, ist, wie bereits bemerkt, jetzt noch lückenhaft, es wird aber vermuthlich immer mehr zum Ausdruck bringen, daß den gut fabrizirenden Fabriken ein stetig wachsender Antheil an den Behördenlieferungen zufällt.

Wie bereits im Vorjahre am Schluß des Berichtes über Normalpapiere mitgetheilt wurde, sind nunmehr auch die Behörden mit einem Papierverbrauch von weniger als 300 Mk.

Zusammenstellung der in den Jahren 1893—1896 untersuchten Wasserzeichenpapiere, geordnet nach Firmen und Jahren.

Firma Nr.	Anzahl der untersuchten Papiere				Es erfüllten die Vorschriften			
	1893	1894	1895	1896	1893 %	1894 %	1895 %	1896 %
1	14	15	19	38	50,0	66,7	53	32
2	12	15	—	—	50,0	20,0	—	—
3	2	4	—	2	50,0	100,0	—	100
4	15	21	16	36	93,3	85,7	69	64
5	13	11	19	24	100,0	100,0	68	87
6	35	33	32	59	97,1	100,0	91	92
7	5	1	1	2	80,0	100,0	100	0
8	12	18	18	21	100,0	83,3	100	100
9	7	12	5	9	100,0	83,3	100	78
10	4	8	7	14	75,0	100,0	100	86
11	1	—	—	—	100,0	—	—	—
12	6	7	10	7	83,3	85,7	40	57
13	1	—	3	2	0	—	33	50
14	39	44	52	81	100,0	100,0	85	94
15	14	20	29	45	100,0	90,0	100	100
16	5	14	4	4	100,0	92,9	75	50
17	11	14	11	8	90,9	64,3	73	50
18	2	—	3	26	100,0	—	67	58
19	1	—	—	—	100,0	—	—	—
20	3	8	10	9	100,0	100,0	90	89
21	1	1	—	1	100,0	100,0	—	100
22	1	2	—	2	100,0	100,0	—	50
23	41	29	37	42	85,4	100,0	92	86
24	1	1	1	2	100,0	100,0	100	100
25	1	—	1	—	0	—	0	—
26	5	1	5	14	80,0	100,0	100	93
27	5	2	1	10	100,0	50,0	100	70
28	11	—	1	—	54,5	—	0	—
29	13	11	9	9	100,0	90,9	100	89
30	3	—	—	1	66,7	—	—	0
31	7	4	4	14	100,0	75,0	100	93
32	22	—	1	5	59,1	—	0	20
33	18	5	1	10	50,0	60,0	100	100
34	1	1	1	1	100,0	0	100	0
35	22	15	14	13	100,0	93,3	100	100
36	1	2	3	5	100,0	100,0	67	100
37	2	1	—	2	100,0	100,0	—	100
38	1	—	—	1	100,0	—	—	0
39	1	7	7	10	100,0	100,0	43	80
40	3	1	10	7	33,3	100,0	80	43
41	42	38	29	57	97,6	92,1	72	81
42	27	22	11	22	88,9	72,7	100	95
43	33	29	31	27	57,6	100,0	74	76
44	31	31	16	63	93,5	96,8	88	84
45	2	—	—	—	100,0	—	—	—
46	—	3	1	3	—	66,7	100	100
47	—	2	—	—	—	0	—	—
48	—	1	2	3	—	100,0	100	100
49	—	1	—	—	—	100,0	—	—
50	—	2	1	20	—	100,0	0	70
51	—	1	1	3	—	100,0	100	100
52	—	—	2	—	—	—	100	—
53	—	—	2	2	—	—	50	100
54	—	—	4	—	—	—	75	—
55	—	—	1	—	—	—	0	—
56	—	—	1	3	—	—	100	0
57	—	—	—	1	—	—	—	100
58	—	—	—	1	—	—	—	100
59	—	—	—	6	—	—	—	100
60	—	—	—	1	—	—	—	100
61	—	—	—	5	—	—	—	60

angewiesen worden, ihre Papiere untersuchen zu lassen. Die Gründe hierfür sind an der erwähnten Stelle angeführt.

Eine Reihe solcher Behörden hatte bereits im Jahre 1895 ihre Papiere zur Prüfung eingeschickt. Es entfielen auf das erwähnte Jahr, wie bereits mitgetheilt, 10 Anträge von 10 Behörden mit insgesammt 19 Papieren. Von diesen 19 Papieren genügten 10 = 53 % den durch das Wasserzeichen gewährleisteten Eigenschaften und 9 = 47 % genügten nicht.

Der Prozentsatz der nicht genügenden Papiere ist also ein sehr hoher.

Ueber die Erfahrungen, welche bei Prüfung der Papiere von Behörden mit geringem Papierbedarf im Jahre 1896 gemacht worden sind, wird demnächst besonders berichtet werden.

---

3. Kleine Mittheilungen aus der Abtheilung für Baumaterialprüfung.

Vom Abtheilungsvorsteher, Ingenieur M. Gary.

Prüfung alter Mörtel.

Bei der geplanten Erhöhung des Mittelthurmes der Marienkirche zu Mühlhausen stand die Tragfähigkeit des Thurmunterbaues in Frage.

Die Belastung des Mauerwerkes dieses Baues durch Eigenlast, Winddruck und sonstige äußere Einwirkungen betrug nach Maßgabe der statischen Berechnungen 9,32 kg/qcm. Durch die geplante Erhöhung des Thurmes würde die Druckbeanspruchung bis zu 11,46 kg/qcm gesteigert werden, deshalb wurde seitens der Bauabtheilung des Ministeriums der öffentlichen Arbeiten eine Prüfung des aus den Fugen des Thurmunterbaues an verschiedenen Stellen entnommenen Mörtels angeordnet.

Die Marien- oder Liebfrauenkirche zu Mühlhausen i./Th.[1]) ist die größte und in ihrer Bauart ausgezeichnetste dieser mit vielen bemerkenswerthen Bauten geschmückten Stadt.

Ueber ihre Erbauung und Veränderung mangeln zuverlässige Nachrichten, man schließt indessen aus dem Baustyl, daß sie gegen Ende des 13. Jahrhunderts begonnen, aber erst im 14. Jahrhundert vollendet worden sei.

Der Mittelthurm kündigt sich seiner ganzen Anlage und Beschaffenheit, sowie seinem dekorativen Charakter nach als der jüngste Theil des Gebäudes an. Die beengte, unverhältnißmäßige Basis, die Gliederung der Gewölberippen in der Halle des Erdgeschosses, Form und Verzierungen der Thüren und der Strebepfeiler bezeichnen diesen Thurm als ein Werk des 15. Jahrhunderts.

Da die Beschaffenheit der von der früher zerstörten Kirche theilweise übrig gebliebenen Seitenthürme ihre Erhöhung unmöglich machte, so wurde, um die neue Kirche mit einem Thurme von entsprechender Höhe zu versehen, der Mittelthurm zwischen die älteren Seitenthürme eingeschoben. Indessen blieb von diesem Thurm des 15. Jahrhunderts nur sein unteres Geschoß vollständig erhalten, indem bei einem Brande im Jahre 1689 die oberen Geschosse und die kuppelförmige Haube zerstört wurden.

Die beiden Seitenthürme entsprechen der gemischten (romanisch-gothischen) Bauweise der letzten Decennien des 12. und der ersten des 13. Jahrhunderts.

---

[1]) Puttrich, Denkmale der Baukunst des Mittelalters.

Bei allen drei Thürmen benutzte man deren hintere oder östliche Mauern zugleich mit als Kirchenwand, daher ist das Kirchengebäude nur an die Thürme angelehnt.

Alle diese Umstände sind bei der jetzt beabsichtigten Erhöhung des Mittelthurmes zu berücksichtigen.

Die von dem Königl. Kreisbauinspektor Röttscher beantragte Prüfung, deren Ergebnisse nach ertheilter Genehmigung des Antragstellers veröffentlicht werden dürfen, sollte sich ursprünglich auf die Tragfähigkeit des dem Fundamentmauerwerk des Mittelthurmes entnommenen Mörtels erstrecken, da aber für Druckversuche genügend große, zusammenhängende Mörtelstücke nicht zu beschaffen waren, mußte hiervon Abstand genommen werden, und die Prüfung beschränkte sich auf die Feststellung des Mischungsverhältnisses von Bindemittel zu Sand (Zusammensetzung) und der Art des Bindemittels.

Der Prüfung unterlagen folgende vier Proben:

I. Thonmörtel von dem romanischen Fundament des Mittelthurmes;

IIa. Weißkalkmörtel von den romanischen Wänden (Nord und Süd) des Mittelthurmes, entnommen in 1,5 m Höhe über dem Erdboden;

IIb. Weißkalkmörtel von den romanischen Wänden (Ost) des Mittelthurmes, entnommen in 1,5 m Höhe über dem Erdboden;

III. Gipsmörtel von dem gothischen Fundament und aufgehenden Mauerwerk des Mittelthurmes.

Die Thon- und Weißkalkmörtel waren im Anlieferungszustande ziemlich feucht und mürbe und selbst in größeren Stücken mit den Händen leicht zu zerbrechen; der Gipsmörtel dagegen war fest und ließ sich in den Händen nicht zerbrechen.

Beim Austrocknen nahmen die Mörtelstücke erheblich an Festigkeit zu.

Beim Einlegen in Wasser erweichte der Thonmörtel, bröckelte ab und zerfiel nach wenigen Minuten zu einem körnigen, plastischen Thonschlamm.

Zusammensetzung der Mörtel.

Probe I.

Eine Durchschnittsprobe des Thonmörtels wurde in heißem Wasser aufgeweicht und geschlämmt.

Abschlämmbare thonige Bestandtheile	80 %
Schlämmrückstand	20 %

Chemische Zusammensetzung der Schlämmsubstanz (nach dem Trocknen bei 100 C°).

In verdünnter Salzsäure ungelöst	68,70 %
Glühverlust	14,27 %
Kalk	9,58 %
Magnesia	2,95 %
Thonerde, Eisenoxyd (Kieselsäure)	4,75 %

Mineralogische Zusammensetzung des Schlämmrückstandes: Fein- bis grobkörniges Gemenge von grünlich-grauen, schiefrigen, harten Thon- und gelblich-grauen, tuffigen Kalksteintrümmern bis zu Haselnußgröße.

Zur Herstellung des Mörtels war somit kein künstliches Bindemittel, sondern natürlicher Thon verwandt worden, der seine Festigkeit nur durch Austrocknen erhalten hat.

Probe IIa und IIb.

Eine genaue Feststellung des Mischungsverhältnisses von Bindemittel und Zusatzmaterial war in den beiden Kalkmörteln nicht zu ermöglichen, da als Zusatz mergeliger, tuffiger Kalksand und als Bindemittel Weißkalk verwandt worden war, welcher sich bereits vollständig in kohlensauren Kalk umgesetzt hatte.

Zur Ermittelung der Art des Bindemittels wurden die Mörtel in der Reibschaale vorsichtig zerrieben — mit der Fürsorge, daß die festeren sandigen Bestandtheile nicht mit zerkleinert wurden —, und von der so vorbereiteten Zerkleinerungsmasse ein Theil zur Analyse abgeschlämmt.

Chemische Zusammensetzung der Schlämmsubstanz (nach dem Trocknen bei 100 C°).

	Probe IIa	Probe IIb
In verdünnter Salzsäure ungelöst . . .	13,98 %	9,69 %
Glühverlust	37,25 %	39,81 %
Kalk	43,66 %	46,66 %
Magnesia	0,59 %	0,81 %
Thonerde, Eisenoxyd (Kieselsäure) . . .	4,28 %	2,96 %.

Hieraus berechnet sich die Zusammensetzung der in verdünnter Salzsäure gelösten Bestandtheile, bezogen auf den ausgeglühten Zustand der Schlämmsubstanz, wie folgt:

	Probe IIa	Probe IIb
Kalk	89,96 %	92,52 %
Magnesia	1,22 %	1,61 %
Thonerde, Eisenoxyd, Kieselsäure . . .	8,82 %	5,87 %.

Die Mörtel waren somit gewöhnliche Kalkmörtel.

Das Zusatzmaterial bestand aus gemischt-körnigem, tuffigem Kalksand bis zu Haselnußgröße.

Probe III.

Chemische Zusammensetzung des Gipsmörtels (nach dem Trocknen bei 100 C°).

In verdünnter Salzsäure ungelöst	18,64 %
Glühverlust	12,80 %
Kalk	28,25 %
Magnesia	2,61 %
Thonerde, Eisenoxyd (Kieselsäure)	4,95 %
Schwefelsäure	32,39 % = (55 % Gips).

Hieraus berechnet sich die Zusammensetzung der in verdünnter Salzsäure gelösten Bestandtheile, bezogen auf den ausgeglühten Zustand des Mörtels wie folgt:

Kalk	41,42 %
Magnesia	3,83 %
Thonerde, Eisenoxyd (Kieselsäure)	7,26 %
Schwefelsäure	47,49 % = (81 % Gips).

Aus der Analyse ergiebt sich folgendes Mischungsverhältniß:

1,7 Gewichtstheile Gips ($CaSO_4$)
1,0 „ Zusatzmaterial.

Unter Berücksichtigung des Umstandes, daß der zu Gipsmörtel verwendete Gips stets mehr oder weniger verunreinigt ist, muß im vorliegenden Falle ein ursprüngliches Mischungsverhältniß von rund

2 Gewichtstheilen Gips
1 „ Zusatzmaterial

angenommen werden.

Das Zuschlagsmaterial bestand der Hauptmenge nach aus zerkleinertem Ziegelmaterial, vermengt mit thonigem, tuffigem Kalksand.

Aus den vorstehend mitgetheilten Prüfungsergebnissen ließen sich, wie zu erwarten stand, sichere Schlüsse auf die Druckfestigkeit der geprüften Mörtel nicht ziehen, indessen kann aus ihnen Folgendes entnommen werden:

1. Mörtel Nr. I, der Thonmörtel würde nach heutigen Begriffen als ein ungeeignetes Mörtelmaterial gelten, da er nur geringe Festigkeit (durch Austrocknen) erreicht und im Wasser schnell erweicht und zerfällt.

   Es ist bemerkenswerth, daß man im Mittelalter wagte, mit einem solchen Mörtel die Fundamente eines Kirchthurmes zu mauern. Das hohe Alter dieses Baues läßt sich nur mit einem völlig trockenen Baugrund und außerordentlich gutem Verband der Bausteine erklären;

2. die Mörtel IIa und b stellen brauchbare Luftmörtel dar, wie sie auch heute noch vielfach Verwendung finden.

3. der Gipsmörtel III würde nach dem heutigen Stande der Mörteltechnik für tragendes Mauerwerk nur an vor Nässe geschützten Stellen Verwendung finden können, da Gips bekanntlich in Wasser löslich ist und die Beobachtung gezeigt hat, daß Gipsmörtel unter Umständen noch nach langer Zeit erheblich treiben können.

Die theilweise noch erhaltenen Backsteinbauten Lüneburgs aus dem 16. Jahrhundert, die fast durchweg mit Gipsmörteln — allerdings in erheblich fetterer Mischung — vermauert worden sind, weisen sämmtlich starke Treiberscheinungen auf. Alle Senkrechten divergiren nach oben hin, und Thür- und Fenstereinfassungen sind zumeist stark verkrümmt[1]).

Diese Erscheinung läßt sich damit erklären, daß der in der Nähe der Stadt gebrochene Gips sehr scharf, und zwar theilweise „todt" gebrannt und dann grob gemahlen wurde. Bei Zutritt von Feuchtigkeit hat dann dieser Mörtel noch nach Jahrhunderten begonnen, sich auszudehnen und die hohen Treppengiebel dieser Häuser, namentlich da, wo Feuchtigkeit von oben in größerer Menge in ihr Mauerwerk eindringen konnte, auseinander zu treiben.

Auch an den unteren Mauertheilen hat die aufsteigende Erdfeuchtigkeit Ausbauchungen und Verkrümmungen zu Stande gebracht.

Eine Probe solchen Gipsmörtels aus der Bastion des alten Wallgrabens in Lüneburg (Mitte 15. Jahrhunderts) ist s. Z. auf meine Anregung hin im chemischen Laboratorium für Thonindustrie in Berlin analysirt worden und hat folgende Zusammensetzung ergeben:

Sand	2,83 %
Gips	75,6 %
Kohlensaurer Kalk	6,44 %
Wasser	14,79 %.

[1]) Gary: Keramisches aus Lüneburg. Thonindustrie-Zeitung 1895. Nr. 44 und 45.

Eine Probe Gipsstuck aus demselben Fundorte ergab:

Sand	1,16 %
Gips	76,7 %
Kohlensaurer Kalk	8,1 %
Wasser	14,15 %

Es würde von Interesse sein, wenn die Untersuchungen alter Gipsmörtel fortgesetzt und durch neue Versuche ergänzt werden könnten, mit deren Hülfe es vielleicht gelingen würde, raumbeständige oder doch nahezu raumbeständige und wetterfeste Gipsmörtel aufzufinden, und somit nicht nur der Gipsindustrie in Deutschland aufzuhelfen, sondern auch dem Bauwesen einen werthvollen Baustoff in erhöhtem Maaße zugänglich zu machen.

---

4. Ueber den Einfluß der Versuchslänge auf die Festigkeit von Hanfseilen.

Vom stellvertretenden Direktor und Vorsteher der Abtheilung für Metallprüfung, Professor M. Rudeloff.

Im Heft 7 und 8 des laufenden Jahrganges der Mittheilungen des K. K. Technologischen Gewerbemuseum in Wien kommt Professor Kirsch auf meine Einwendungen zurück, die ich in den Jahren 1894 und 1895 in zwei Arbeiten[1]) erhoben habe:

1. gegen Prof. Kirschs Behauptung[2]) „daß die größte beobachtete Belastung beim Bruch eines Seiles ganz dieselbe sein muß, ob man große oder kleine Versuchslängen anwendet", und
2. gegen den bei Aufstellung von „Vorschriften zur einheitlichen Lieferung und Prüfung von Hanfseilen in Oesterreich-Ungarn" durch Prof. Kirsch gemachten Vorschlag, die normale Versuchslänge bei Prüfung von Hanfseilen gleich 0,5 m zu wählen.

Ich stützte diese Einwendungen auf die Ergebnisse von Versuchen, die ich mit zwei Seilen und deren Garnen derart hatte anstellen lassen, daß immer je drei Abschnitte desselben Stückes (Seil und Garn) bei fünf verschiedenen Versuchslängen (ca. 0,25, 0,5, 1,0, 2,0 und 3,0 m) geprüft wurden. Andere Untersuchungen über diesen Gegenstand lagen mir nicht vor.

Prof. Kirsch führt nun die Ergebnisse meiner Untersuchungen in seiner jetzt erschienenen Erwiderung auszugsweise an, bestreitet den Längeneinfluß bei dem einen Seil gänzlich und faßt sein Urtheil über die Ergebnisse mit dem zweiten Seil wie folgt zusammen.

„Bei diesem einen Seil, welches allerdings ein schwaches Anwachsen im Durchschnitt zeigt, obwohl der Durchschnittswerth von 2 m sogar größer ist wie der von 0,5 m, bei dem doch sicher „fast alle Fasern eingespannt sind", steht und fällt also die ganze Beweisführung mit etwa zwei Seilversuchen, die den Ausschlag gaben. Ich glaube nicht zu weit zu gehen, wenn ich eine so unsichere experimentelle Basis als vollkommen unzureichend ansah, um eine „so wichtige" Angelegenheit, wenn auch nur „vorläufig", abzuthun." —

---

[1]) Mittheilungen aus den Königlichen technischen Versuchsanstalten 1894, Heft 1, S. 1—13 und 1895, Heft 4, S. 128—133.

[2]) Mittheilungen des K. K. technologischen Gewerbemuseums in Wien 1893, Heft 10—12, S. 291.

Bei der von Prof. Kirsch gewählten Darstellungsweise müssen meine Versuchsergebnisse dem unbefangenen Leser in falschem Lichte erscheinen. Sie bilden aber den Ausgangspunkt meiner Einwendung und daher ist es nothwendig, sie nochmals so übersichtlich wiederzugeben, daß der Leser selbst beurtheilen kann, ob sie durch Prof. Kirsch oder durch mich richtig oder „willkürlich" ausgelegt sind. Ich wähle hierzu die auch in meinen früheren Arbeiten neben sämmtlichen Einzelwerthen gegebenen zeichnerischen Darstellungen, Fig. 1 und 2[1]), weil sie übersichtlicher sind als Zahlenreihen.

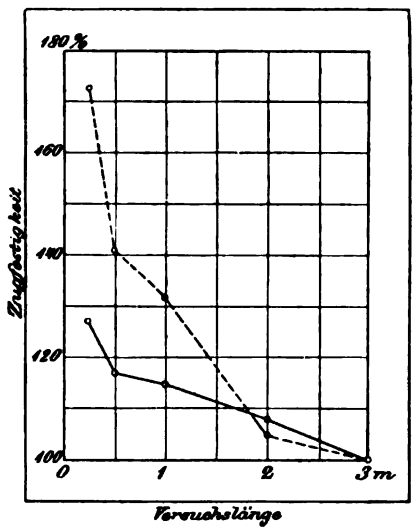


Fig. 1.

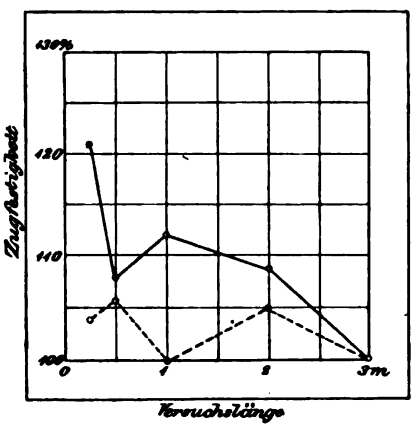


Fig. 2.

Meine Schlüsse, welche ich aus diesen Ergebnissen ableitete, lauten wie folgt:

„Aus Fig. 1 erkennt man, daß die Reißlänge beider Garne mit zunehmenden Versuchslängen bis zu 3,0 m abnimmt und daß der Einfluß der Versuchslänge bei dem Garn II (punktirte Linie) erheblich größer ist als bei dem Garn I (ausgezogene Linie).

Nach Fig. 2 ist der Einfluß der Versuchslänge auf die Reißlänge bei dem Seil I (ausgezogene Linie) unverkennbar; er nimmt einen weniger regelmäßigen Verlauf als bei dem zugehörigen Garn, dürfte aber nach den Ausgleichungen für Seil und Garn als annähernd gleich groß angesehen werden können. Bei dem Seil II (punktirte Linie) ist er im Gegensatz zu den Garnen erheblich geringer als beim Seil I, aber immerhin gleichfalls als bestehend zu erachten."

Ich war und bin mir wohl bewußt, daß Untersuchungen von zwei Seilen nicht im Stande sind, die Frage nach dem Einfluß der Versuchslänge in ihrem ganzen Umfange zu lösen und habe dies auch in meiner früheren Abhandlung bei Begründung meiner

[1]) Zu Fig. 2 bleibt zu bemerken, daß mir bei Auftragung der gestrichelten Linie seinerzeit thatsächlich der mir von Prof. Kirsch nachgewiesene Fehler unterlaufen ist, indem ich die in den Tabellen richtig veröffentlichten Werthe zu den Versuchslängen von 0,5 und 2,0 m in den Schaulinien versehentlich zu klein auftrug. An meinen Schlußfolgerungen ändert die nunmehr vorgenommene Richtigstellung der Schaulinie nichts. Immerhin bedaure ich das vorgekommene Versehen, weil es Prof. Kirsch Gelegenheit bot mehrfach hervorzuheben, daß ich meine Ergebnisse in einer „zum Theil falschen Weise dargestellt" hätte.

Einwendungen gegen den Vorschlag von Prof. Kirsch unumwunden, wie folgt, ausgesprochen:

„Es liegt mir fern, behaupten zu wollen, daß der Einfluß der Versuchslänge auf die Ergebnisse der Seilprüfungen durch die mitgetheilten Ergebnisse aus den Versuchen mit nur zwei Seilsorten ein für alle Mal gesetzmäßig dargethan ist. Vielmehr bin ich überzeugt, daß dieser Einfluß je nach dem Material, der Konstruktion und Fertigungsweise des Seiles sowie dessen Litzen und Garne anders ausfallen wird und daher ein eingehendes Studium dieser Frage nothwendig ist, bevor Bestimmungen über die sachgemäßeste Probelänge bei Seilen vorgeschlagen oder gar zur allgemeinen Annahme empfohlen werden können.

Aber das eine dürfte aus den mitgetheilten Ergebnissen bereits zur Genüge dargethan sein, daß die Annahme, die Seillänge sei ohne Einfluß auf die Bruchlast der Probe, eine Verkennung der Thatsachen ist. Das Gleiche gilt von der zweiten Annahme, daß etwa „vorhandene Einflüsse für die Uebernahme unschädlich" gemacht sind, wenn die Seillänge bei den Versuchen gleich 50 cm gewählt wird."

Die wiedergegebenen zeichnerischen Darstellungen sprechen so deutlich, daß ich wohl darauf verzichten kann, den Ausführungen von Prof. Kirsch entgegen zu stellen, was mich im Besonderen zu den mitgetheilten Schlüssen veranlaßte. Nur die eine Frage möchte ich aufwerfen, was kann Prof. Kirsch wohl veranlaßt haben, die Fig. 2 ohne die ausgezogene, auf das Seil I[1]) bezügliche Schaulinie wiederzugeben? War es ihm nur darum zu thun, das Versehen recht hervortreten zu lassen, welches mir bei Auftragung der gestrichelten Schaulinie unterlaufen war, so hätte dies durch Gegenüberstellung der Zahlenwerthe ebenso gut erreicht werden können. Dies kann aber auch nicht der einzige Grund gewesen sein, denn er benutzt die Linie ja selbst, um aus ihrem Verlauf den Schluß zu ziehen: „Aus dieser Linie geht aber wohl kaum ein Anwachsen der Festigkeit hervor."

Da dies geschehen, so bleibt die Frage aber um so mehr berechtigt, weshalb hat Prof. Kirsch seinen Lesern die Linie für das zweite Seil vorenthalten? Die gleiche Frage gilt bezüglich der Zahlenwerthe, die das Verhältniß für die Bruchlasten bei verschiedenen Versuchslängen ausdrücken. Auch sie sind nur für das eine Seil wiedergegeben und zwar nur für dasjenige, bei dem der Längeneinfluß nach meinem eigenen Urtheil nur gering „aber immerhin gleichfalls als bestehend zu erachten" ist.

Zur Wahrung der „wissenschaftlichen Objektivität" hätte Prof. Kirsch bemüht sein sollen, seinen Lesern das Ergebniß der Untersuchungen mit dem zweiten Seil, welches nach seiner Ansicht „allerdings ein schwaches Anwachsen im Durchschnitt zeigt", ebenso ausführlich wiederzugeben wie die Versuchsreihe, bei welcher er kein Anwachsen zugiebt.

Jedenfalls haben meine Versuchsergebnisse Prof. Kirsch veranlaßt, selbst einige Versuche anzustellen über den Einfluß der Versuchslänge.

Ich freue mich, daß meine Einwendungen diesen sachlichen Erfolg gehabt haben, und zwar um so mehr, als Prof. Kirsch nunmehr nach seinen Versuchen den Einfluß als bestehend anerkennt.

Es würde über den Rahmen dieser Erwiderung hinausführen, wenn ich auf diese Ergebnisse näher eingehen und darthun wollte, daß

1. die Versuche von Prof. Kirsch durch den Verlauf der Ergebnisse für die einzelnen Seile nicht beweiskräftiger sind als meine Versuche und

[1]) Von Prof. Kirsch an zweiter Stelle besprochen.

2. aus dem beobachteten mittleren Unterschied von 8 % in den Seilfestigkeiten bei 0,5 und 1,5 m Versuchslänge (die Einzelwerthe schwanken zwischen 2,7 und 18,3 %) durchaus nicht geschlossen werden kann, daß 0,5 m Versuchslänge thatsächlich hinreichen, weil der beobachtete Unterschied geringer sei als die Schwankungen der Einzelwerthe bei gleicher Versuchslänge.

Vielleicht bietet sich Gelegenheit, hierauf zurückzukommen, wenn Ergebnisse von Untersuchungen an systematisch ausgewähltem Probematerial vorliegen werden. —

Die Erwiderung von Prof. Kirsch, mit denen er meine eingangs angeführten Einwendungen zu widerlegen sucht, wären hiermit erledigt. Er fügt ihnen aber noch eine Reihe von Vorwürfen und Angriffen gegen mich hinzu, die ich nicht wohl unerwidert lassen kann und von denen folgende besonders hervorgehoben sein mögen:

1. ich hätte „beliebt", mit meinen Einwendungen „von der Hauptsache auf eine Nebensache abzulenken"; wäre
2. in einen „persönlichen Ton" verfallen, hätte
3. mich in eine Angelegenheit hineingemischt, die mich nichts anginge, und hätte, um dies zu rechtfertigen, seinen Bemerkungen falsche Unterstellungen gemacht; hätte
4. die Richtigkeit meiner Einwendungen zu beurtheilen dem Leser anheimgegeben, statt selbst hinreichende Beweise zu erbringen und hätte
5. die Ergebnisse meiner Untersuchungen willkürlich ausgelegt.

Ebenso wie es Prof. Kirsch für sich in Anspruch nimmt, war es auch mir nur darum zu thun, mit meinen Abhandlungen der Sache zu dienen. Ich würde es daher nicht der Mühe werth erachtet haben, diese Vorwürfe zurückzuweisen, wenn Prof. Kirsch nicht versucht hätte, sie in ein solches Gewand zu kleiden, daß sie jedem Leser, der nicht die beiderseits voraufgegangenen Abhandlungen kennt, als sachlich begründet erscheinen können. Dies gilt besonders, weil Prof. Kirsch es für nothwendig erachtete, im Anfang seiner Schrift ausdrücklich zu betonen, daß er es vermeiden werde in den „persönlichen" Ton zu verfallen und der unbefangene Leser doch wohl keinen Grund hat, daran zu zweifeln, daß es Prof. Kirsch mit dieser Betheuerung auch thatsächlich ernst gewesen ist. —

Den Vorwurf „von der Hauptsache auf eine Nebensache abgelenkt zu haben" sucht Prof. Kirsch damit zu begründen, daß seine „Bemerkungen" vom Jahre 1893 zu den Versuchen, über welche ich 1893 berichtete, „bis heute unwiderlegt geblieben sind" und ich nur „einen weniger wichtigen Punkt aus der Einleitung seiner Arbeit herauszugreifen beliebte".

Die „Bemerkungen", auf welche ich nicht erwiderte und die Prof. Kirsch daher glaubt „völlig aufrecht erhalten" zu dürfen, sind jetzt von ihm „entsprechend ergänzt" wie folgt zusammengefaßt: Ich hätte

a) zu wenig Garnproben gleicher Art ausgeführt, um sicher genug Gesetze aufstellen zu können,
b) die Ausgleichung der Garnversuche mit verschiedenen Versuchslängen willkürlich und mit meiner eigenen Erklärungsweise im Widerspruch stehend vorgenommen und
c) durch meinen Vergleich zwischen Kabel und Rundschlag nicht bloß das Entgegengesetzte, wie Prof. Kirsch, gefunden, sondern mein Ergebniß sei auch „auffällig und nicht recht verständlich".

Seine Ansicht hinsichtlich der zu geringen Anzahl meiner Garnproben begründet Prof. Kirsch mit den Worten: „Es sollte doch einigermaßen die Zahl der Versuche im Verhältniß

zu den äußersten Abweichungen vom arithmetischen Mittel der Proben stehen." Ich habe diesen allgemein bekannten wissenschaftlichen Grundsatz nie bestritten; bezeichne es aber als willkürlich, wenn man, wie Prof. Kirsch es gethan hat, aus den angestellten 54 Versuchsreihen die unregelmäßigste herausgreift und diese allein mittheilt, um zu beweisen, daß das Material „so ungleichmäßig ist". Mit demselben Recht hätte Prof. Kirsch, wenn es seinen Absichten entsprochen hätte, unter Benutzung der folgenden Reihe aus meinen Versuchen (52,5 — 49,5 — 55,5 — 58,0 — 56,0) seinen Lesern den Beweis von der außerordentlichen Gleichmäßigkeit des Materials geben können.

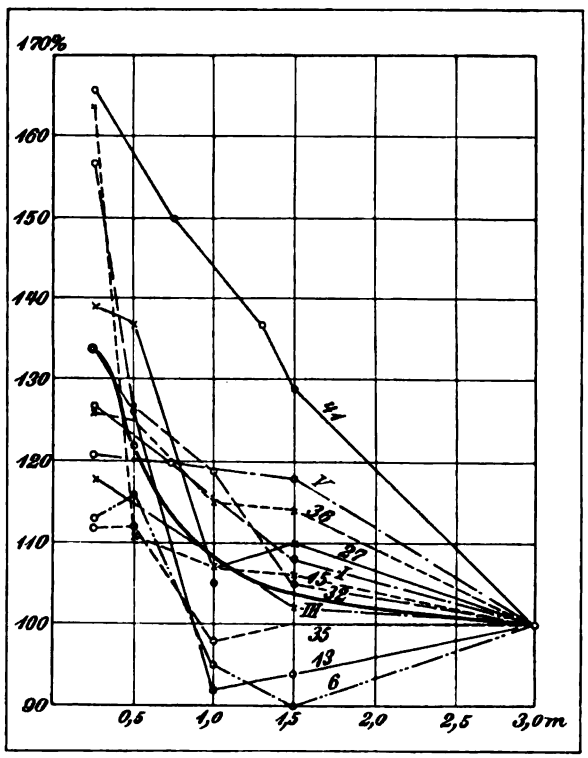


Fig. 3.

Es liegt mir fern, behaupten zu wollen, daß mein Versuchsmaterial thatsächlich sehr gleichmäßig war; trotzdem reicht die Zahl der angestellten Versuche hin, um aus den Ergebnissen, wie ich es that, den Schluß zu ziehen: „daß der Einfluß der Probenlänge hauptsächlich innerhalb des Uebergangs der Längen von 0,5—1,0 m hervortritt, von da ab mit zunehmender Länge aber immer geringer wird. Im Allgemeinen scheint jedoch die geringste Festigkeit auch bei 3 m Probenlänge noch nicht erreicht zu sein, da sonst die Ausgleichslinie in dem Punkt O asymptotisch in die Abscissenachse hätte übergehen müssen, was nicht der Fall ist".

Um dies zu beweisen, dürfte für jeden unbefangenen Leser der Hinweis auf Fig. 3, welche die zeichnerische Darstellung der von Prof. Kirsch als unzulänglich bezeichneten Ergebnisse enthält, schon allein genügen. Da aber Prof. Kirsch einige Gründe für seine gegentheilige Ansicht anführt, so glaube ich doch, hierauf noch näher eingehen zu sollen.

Zunächst muß ich, weil es Prof. Kirsch unterlassen hat, den Leser darauf hinweisen, daß zwölf verschiedene Garne untersucht sind. Fig. 3 zeigt, wie gut die einzelnen Reihen in der Kennzeichnung des Längeneinflusses übereinstimmen. Da dies kein bei den einzelnen Reihen immer wiederkehrender Zufall sein kann, so kommt hierin ohne Weiteres zum Ausdruck, daß die Zahl der Versuche entgegen der Ansicht von Prof. Kirsch thatsächlich hinreichte. Hätte ich weniger Reihen durchgeführt, so hätte die Zahl der Einzelversuche selbstverständlich größer sein müssen, wenn die gleiche Sicherheit erlangt werden sollte.

Um nun die Ergebnisse meiner Versuche als möglichst unsicher hinzustellen, hebt Prof. Kirsch hervor, daß „in einem Falle sogar nur drei gleiche Versuche gemacht wurden" und bei einer anderen Reihe nicht „gleich viel von jeder Länge". Man erkennt bei der von Prof. Kirsch gewählten Darstellungsweise nicht, daß dies die beiden einzigen Ausnahmen sind, so daß unter 54 Reihen nur 4 nicht die normale Versuchszahl 5 umfassen, und daß der Einfluß der Länge in beiden Fällen trotzdem sich ebenso äußert wie in den übrigen 10 mit normaler Versuchszahl durchgeführten Fällen.

Hiermit dürfte zur Genüge dargethan sein, daß die Einwendungen von Prof. Kirsch gegen den Umfang meiner Untersuchungen völlig belanglos sind.

Die Schlußfolgerungen, welche ich aus den in Fig. 1 dargestellten Versuchsergebnissen ableitete, habe ich oben bereits wörtlich wiedergegeben. Prof. Kirsch sagt hierzu: „Wenn man Versuchswerthe ausgleicht, um eine Gesetzmäßigkeit zu finden, so hat man immer Spielraum für eine gewisse Willkür. Dieser führte hier, weil Prof. Rudeloff willkürlich annahm, die Ausgleichung müsse nach einer Kurve stetigen Steigens vor sich gehen, zu einem Ergebniß, welches keinen Sinn hat. Es war entsprechend der Erklärung, welche über die Zunahme der Festigkeit mit abnehmender Länge gegeben worden ist, zu erwarten, daß die Ausgleichungslinie, von der Versuchslänge 0,25 m angefangen, sinkt (wahrscheinlich sogar als Gerade, da durchschnittlich gleich viel Fasern in jedem Garnquerschnitt endigen), bei der Versuchslänge = Faserlänge (0,8—0,9 m bei gutem Hanf) ihr Minimum erreicht und dann konstant bleibt. Die geringen Schwankungen der Festigkeitswerthe von 1—3 m Versuchslänge bei den Versuchen Prof. Rudeloffs scheinen mir auch vollkommen mit dieser Auffassung übereinzustimmen und möchte ich nichts anderes aus diesen Versuchen herauslesen."

Ich kann Prof. Kirsch den Vorwurf nicht ersparen, daß er auch in diesem Punkte wieder seinen Lesern dasjenige aus meiner Arbeit verschwiegen hat, was seine Behauptung, ich sei willkürlich verfahren, „um eine Gesetzmäßigkeit zu finden", schon im voraus entkräften mußte. Der Verlauf der einzelnen Schaulinien in Fig. 3 berechtigt nicht nur, sondern zwingt sogar dazu, die Ausgleichslinie so zu wählen, wie ich sie in der starken Linie gegeben habe. Willkür ist demnach auf meiner Seite völlig ausgeschlossen.

Ich mußte, wie ich es gethan habe, aus meinen Versuchen zunächst den Schluß ziehen, daß der Längeneinfluß mit Ueberschreitung von 1 m immer geringer wird, daß aber „die geringste Festigkeit im Allgemeinen auch bei 3 m Probenlänge noch nicht erreicht zu sein scheint". Ich habe mich hierbei aber nicht begnügt (dies verschweigt Prof. Kirsch aber seinen Lesern wieder), sondern habe „zur näheren Begründung" mit zwei der untersuchten zwölf Garne noch Versuche bei 4,5 bezw. 7 m Länge angestellt. Hierbei fand sich für 7 m die gleiche mittlere Bruchlast wie für 0,5 m und für 4,5 m die gleiche wie für 1,5 m Versuchslänge.

Die Einzelwerthe habe ich mit veröffentlicht und keinen Anstand genommen selbst auszusprechen: „Bei diesen beiden Garnen muß nach dem soeben mitgetheilten Ergebniß die geringere Festigkeit der 3 m langen Proben denjenigen von 1,5 m Länge gegenüber als zufällig bezeichnet werden. In wie weit dies Ergebniß verallgemeinert werden kann, ist nach den mitgetheilten beiden ergänzenden Versuchsreihen nicht zu entscheiden. Hierzu sind weitere Versuche anzustellen. Immerhin wird man aber nicht sehr fehlgehen, wenn man, wie ich es bei meinen späteren Vergleichen gethan habe, diejenige Bruchlast als die mittlere im Seil ausnutzbare Festigkeit des Garnes in Betracht zieht, welche an Proben von 1,5 m Länge ermittelt wurden."

Hiermit ist festgestellt, daß ich selbst

1. den Unterschieden in den Festigkeiten über 1,5 m Versuchslänge keine beachtenswerthe Bedeutung beigemessen habe,
2. die Versuche mit verschiedenen Garnlängen nur angestellt habe, um zu ermitteln, „bei welcher kleinsten Länge die geringsten Bruchlasten für die verschiedenen Garne erhalten werden, damit mindestens diese Länge bei den Garnprüfungen zur Anwendung kam", und
3. durchaus kein Interesse hatte, „eine Gesetzmäßigkeit zu finden".

Hätte Prof. Kirsch die Ansicht ausgesprochen, daß es ihm zulässig erschiene, nach meinen vorstehend mitgetheilten Ergebnissen mit den 7 und 4,5 m langen Proben zu vermuthen, daß der Längeneinfluß nicht über 1,5 m hinausreicht, so hätte ich gerne zugegeben, daß diese Ansicht aufrecht zu erhalten sei. Daß er aber sachlich zu sein glaubt, wenn er vorliegende Versuchsergebnisse verneint oder sie gar als „keinen Sinn" habend bezeichnet, weil er sie sich nicht erklären kann, und wenn er nur das Ergebniß anerkennt, welches nach der eigenen Ueberlegung „zu erwarten" ist, kann ich nicht verstehen. —

Sachlich ist die Einwendung dagegen, daß ich die 3 m langen Garne bei der Prüfung über Rollen legen ließ. Ich war mir wohl bewußt, daß dieses Verfahren leicht einen Einfluß auf das Ergebniß ausüben konnte, und habe seine Anwendung daher ausdrücklich hervorgehoben. Hätte ich aber auch die 3 m langen Garne sämmtlich in gestreckter Lage geprüft, so würden die Bruchlasten für 3 m wahrscheinlich noch kleiner und der Längeneinfluß somit noch größer gefunden worden sein. —

In seiner dritten „Bemerkung" hält Prof. Kirsch mir vor, daß ich durch den Vergleich meiner Versuchsergebnisse für Kabel und Rundschlag zu dem entgegengesetzten Schluß gekommen sei, wie er beim Vergleich seiner Werthe. Eine Unterlassungssünde meinerseits wird wohl Niemand außer Prof. Kirsch darin erblicken, daß ich diese „Bemerkung" auf sich beruhen ließ, zumal Prof. Kirsch selbst sagt, „man hat mit der Thatsache zu rechnen, daß Prof. Rudeloff für Kabel größere Reißlängen fand als für Rundschlag".

Ich würde auch heute hierauf nicht eingehen, wenn ich es nicht für meine Pflicht hielte, durch Besprechung dieses Punktes eine weitere Charakteristik der Art des Vorgehens von Prof. Kirsch zu geben.

Prof. Kirsch schreibt: „Der dritte Punkt, welchen Prof. Rudeloff überging, bezog sich auf die Verwerthung des Hanfmaterials. Ich unterschied:

1. die Leistungsfähigkeit eines Seiles;

2. seine Güte bezüglich der Verwerthung des Hanfes (welche im Garne begründet ist), und
3. seine Güte bezüglich der Verseilungsarbeit,

und sagte deshalb: »es sei nicht unmittelbar verständlich, wieso von zwei freihängenden Seilen gleichen Querschnittes, gleicher Konstruktion und gleicher Tragkraft dasjenige leistungsfähiger genannt werden soll, welches länger sein muß, ehe es durch sein Eigengewicht abreißt«.

Zunächst muß ich feststellen, daß ich diesen in Anführungszeichen stehenden Satz in den „damaligen Bemerkungen" des Prof. Kirsch, die er mir jetzt erneut entgegenhält, nicht zu finden vermag.

Seinem Inhalt nach und nach dem Zusammenhange, in dem dieser Satz gegeben ist, muß jeder Leser, so lange er nicht meine erst später von Prof. Kirsch wörtlich wiedergegebene Schlußfolgerung gelesen hat, annehmen, ich hätte Kabelseile für „leistungsfähiger" erachtet, weil sie größere Reißlänge zeigten als Rundschlagseile. Dies trifft ebenfalls nicht zu. Ich habe aus meinen einschlägigen Versuchen nur abgeleitet, „daß die Ausnutzung des Materials beim Kabelschlag eine bessere ist als beim Rundschlag". —

Der nach Ansicht von Prof. Kirsch von mir herausgegriffene „weniger wichtige Punkt" behandelt die Frage nach dem Einfluß der Versuchslänge auf die Zerreißfestigkeit von Hanfseilen. Wie ich bereits oben erörtert habe, war es erwiesen, daß die Bruchfestigkeit der Seile bei den von mir angestellten einschlägigen Untersuchungen von der Versuchslänge beeinflußt war. Hieran konnte die von Prof. Kirsch mehrfach aufgestellte, aber nicht bewiesene Behauptung, „daß die größte beobachtete Belastung beim Bruch ganz dieselbe sein muß, gleichviel ob man große oder kleine Versuchslängen anwendet", sachlich nichts ändern.

Ist aber der Einfluß der Versuchslänge vorhanden, und auf Grund seiner eigenen Versuche giebt Prof. Kirsch ihn nunmehr ja auch selbst zu, so ist dies kein „weniger wichtiger", sondern ein besonders wichtiger Punkt, den man nicht außer Acht lassen darf.

Von der Größe dieses Einflusses hängt es auch ab, ob die Wiener und Berliner Versuchsergebnisse überhaupt zu den aus ihnen gezogenen Schlüssen berechtigen.

Ich gebe also gerne zu, daß die von mir angewendete Versuchslänge von meistens rund 1,5 m (die geringste Länge betrug in einem Falle 1,39 m[1]) durchaus nicht ausschließt, daß der Einfluß der Versuchslänge auch bei meinen Versuchen noch zur Wirkung kam; dagegen ist die Ansicht von Prof. Kirsch falsch, wenn er deshalb glaubt, mein „Vorgehen" (gemeint ist doch wohl nur mein Einwand gegen die Vorschrift von 0,5 m Versuchslänge „nicht für konsequent halten zu können."

Meine Versuche wurden angestellt, bevor von irgend einer Seite darauf hingewiesen war, daß diese Länge vielleicht noch zu gering ist, um einwandfreie Ergebnisse für die Bruchlast der Seile zu erzielen. Ich handelte also bona fide. Prof. Kirsch schreibt 0,5 m Länge vor, nachdem der Einfluß der Länge untersucht war. Seine gegentheilige Behauptung: „Experimentell waren also solche Einflüsse nicht untersucht worden", stimmen mit dem Thatbestande nicht überein, denn meine einschlägige Arbeit war bereits vor Aufstellung dieser Behauptung veröffentlicht und wie Prof. Kirsch zugiebt, ihm auch bekannt. Daß er die Ergebnisse meiner Untersuchung nicht anerkennt, sondern erst durch eigene Versuche sich davon

[1]) Diese Bemerkung diene als Antwort auf die Worte von Prof. Kirsch: „hie und da wohl auch weniger", mit denen er seine Leser über die wirklich von mir angewendeten Versuchslängen im Zweifel läßt.

überzeugen mußte, daß die Festigkeit der Seile durch die bei der Prüfung angewendete Versuchslänge thatsächlich beeinflußt ist, hätten ihn, wenn er streng sachlich vorgehen wollte, doch nicht veranlassen dürfen, Vorhandenes ohne Weiteres todtzuschweigen. Seine gegentheilige Ansicht, die er in die Frage kleidet: „hätte man vielleicht sagen sollen: Prof. Rudeloff hat zwar einige Versuche gemacht, aber aus seinen Versuchen ging ein Einfluß der Versuchslänge nicht mit Sicherheit hervor?" kann ich nicht theilen. Prof. Kirsch hätte vielmehr den Sachverständigen der Kommission, die über die einzuführende Versuchslänge zu berathen hatte, das Vorhandene, meinetwegen mit seinem abfälligen Urtheil zur Beurtheilung vorlegen müssen; es sei denn, daß er nur sich allein für sachverständig hält.

Der Vorwurf des Prof. Kirsch, ich sei „nicht konsequent" gewesen, ist demnach unbegründet.

Ebenso ist seine Behauptung, mit der er den Schlußsatz seiner neuesten Schrift beginnt: „Damit ist festgestellt, daß er (Rudeloff) meinen Vorschlag zwar seines Erachtens als ungeeignet hält, aber nicht sagen kann, wie man es besser macht", falsch. Auf Seite 133 der Mittheilungen 1895 habe ich ausdrücklich gesagt: „Bis dahin (d. h. bis der Einfluß der Versuchslänge völlig aufgeklärt ist), sollte man aber bestrebt sein, die anzuwendende Versuchslänge lieber übermäßig groß als zu klein zu vereinbaren". Ich dächte, dies ist ein Vorschlag, „wie man es besser macht". Daß ich aber nicht sogleich eine bestimmte Versuchslänge größer als 0,5 m zur Anwendung empfohlen habe, dürfte nur davon zeugen, daß es mir fern liegt, in leichtfertiger Weise Vorschläge zu machen, die nicht sachlich begründet sind. Ueberdies hatte ich gar keine Veranlassung, bestimmte Vorschläge zu machen, da mir die Aufgabe, Normalien für Seilprüfungen auszuarbeiten, nicht vorlag. Wohl aber hielt ich es für meine Pflicht, sachlich begründete Bedenken gegen „Vorschriften zur einheitlichen Lieferung und Prüfung von Hanfseilen" „die sämmtlichen Seilinteressenten zur Annahme empfohlen werden sollen", vorzubringen.

Ich habe auf Seite 128 der Mittheilungen 1895 ausdrücklich hervorgehoben, daß ich mit meinen Einwendungen gegen die fraglichen Vorschriften oder Vereinbarungen zurückgehalten hätte, so lange diese Vereinbarungen von Prof. Kirsch „nur mit Rücksicht auf ihre Einführung in Oesterreich-Ungarn besprochen waren". Hiermit, dächte ich, war für jeden unbefangenen Leser zur Genüge dargethan, daß es mir durchaus nicht in den Sinn gekommen ist, mich in fremde Angelegenheiten einzumischen. Daher erscheinen mir die Worte des Prof. Kirsch in seiner Erwiderung, „nachdem Prof. Rudeloff kein Recht hatte, bei diesen Normen mitzureden, so war die Angelegenheit eigentlich abgethan", sachlich völlig unbegründet und höchst überflüssig, zumal sie von allen denen, die meine Arbeiten nicht kennen, mißverstanden werden müssen.

Ferner kann von einer „Unterstellung", die doch nach der Bedeutung des Wortes stets eine Annahme gegen besseres Wissen in sich schließt, nicht die Rede sein. Prof. Kirsch wirft sie mir vor, indem er sagt: „Meine Bemerkung: die Normen für Oesterreich-Ungarn sollten nach Zustimmung der größeren Seilinteressenten, dann sämmtlichen übrigen Interessenten empfohlen werden, wurde nunmehr so aufgefaßt, wie von niemanden sonst, nämlich ich hätte die Absicht, diese Normen für Oesterreich-Ungarn auch deutschen Seilinteressenten zu empfehlen. Durch diese Unterstellung glaubte sich Prof. Rudeloff berechtigt, seine warnende Stimme nochmals laut werden zu lassen". Ich habe die Gründe, welche mich zu meinen Einwendungen gegen die von Prof. Kirsch auf 0,5 m normirte Versuchslänge bei Seilprüfungen veranlaßten, klar wie folgt ausgesprochen: „Da sie (d. h. die Normen von Prof. Kirsch) aber nunmehr

nach den neueren Mittheilungen „sämmtlichen Seilinteressenten empfohlen werden sollen", erscheint es doch nothwendig, rechtzeitig Stellung zu ihnen zu nehmen, um nicht etwa durch Stillschweigen gegen die eigene Ueberzeugung Beschlüssen zur allgemeinen Annahme zu verhelfen, die nach dem freimüthigen Bekenntniß, welches in ihrer Begründung enthalten ist, seitens der genannten Konferenz aufgestellt wurden, ohne daß den Mitgliedern derselben auf einschlägige Versuche gestützte Erfahrungen zu Gebote standen.

Eine Stellungnahme in dieser Sache erscheint mir um so mehr geboten, um auch den deutschen „Seilinteressenten" Anregung zu geben mit zu arbeiten an der Entscheidung von Fragen, welche bedeutungsvoll werden können in erster Linie für die Beurtheilung des wahren Gebrauchswerthes der Seilfabrikate, dann aber auch für die materielle Lage des Einzelnen insofern, als bestehende Prüfungsvorschriften erfahrungsgemäß immer den Gang der Fabrikation und die hierbei zu treffenden Maßnahmen beeinflussen und, wenn sie nicht erprobte Erfahrungen zur Grundlage haben, leicht mit materiellen Schäden für den Erzeuger sowie für den Verbraucher verbunden sein können." —

Wenn ich hierbei der Ansicht war, daß Prof. Kirsch seine Normen auch über die Grenzen von Oesterreich-Ungarn hinaus zur Annahme empfehlen wolle, so bin ich hierzu mit Recht dadurch veranlaßt, weil er selbst uneingeschränkt von „sämmtlichen Seilinteressenten" sprach und weil gerade zu jener Zeit auch der nunmehrige Internationale Verband für die Materialprüfung der Technik die Seilprüfungen in den Bereich seiner Berathungen und Bearbeitung hineingezogen hatte, und zwar auf besonderen Antrag des ersten Vertreters des Wiener technologischen Gewerbemuseums. Daß Berathungen hierüber später nicht weiter stattfanden, ändert an der Triftigkeit meiner Gründe nichts.

Prof. Kirsch behauptete früher, daß die Versuchslänge ohne Einfluß auf die Zerreißfestigkeit der Seile sei. Jetzt, wo er sich vom Gegentheil überzeugt hat, sagt er: „daß die Möglichkeit eines Einflusses der Versuchslänge vorhanden sei, wollte ich durch meine Bemerkung durchaus nicht in Abrede stellen", und sucht seine „Normirung einer Versuchslänge von 0,5 m im Allgemeinen" damit zu begründen, daß man „für Stahl und Eisen eine konstante Meßlänge normirt und angewendet" habe, bis man ihren Einfluß genauer kennen lernte und sie dann veränderlich machte, daß man ferner bei der Papierprüfung 180 mm Versuchslänge wählte, „ohne daß man noch Proben über den Einfluß der Versuchslänge gemacht hatte. Das geschah durch Jahre hindurch. Man blieb sogar nach Untersuchung des Einflusses bei dieser Norm aus verschiedenen, vollständig zu billigenden Gründen. Das macht man immer so!"

Beide angeführten Beispiele sind nicht stichhaltig, um die Wahl von 0,5 m Versuchslänge bei Seilprüfungen zu begründen.

Prof. Kirsch übersieht nämlich, daß die normalen Meßlängen anfänglich zwar willkürlich gewählt sein mögen, daß man aber die Vorschriften für die zu erreichende Dehnung der gerade gewählten Meßlänge entsprechend der Dehnung des für brauchbar befundenen Materiales anpaßte. Daher kam es, daß man für Metallprüfungen an verschiedenen Stellen verschiedene Meßlängen, aber auch verschiedene Dehnungsvorschriften hatte. Dies entsprach dem Zweck der Prüfung bei Materialabnahmen recht wohl. Erst als man anstrebte, die an verschiedenen Versuchsstätten erzielten Ergebnisse in Vergleich stellen zu können, drängte die Nothwendigkeit sich auf, die Meßlänge, auf welche die zu vergleichenden Ergebnisse sich bezogen, in Rücksicht zu ziehen und, um solche Vergleiche überhaupt zu ermöglichen, mit dem Querschnitt des Stabes veränderliche Meßlängen zu wählen. Bei

der Papierprüfung konnte man aber bei der anfänglich gewählten Versuchslänge verbleiben, weil einschlägige Versuche gezeigt haben[1]), daß sie hinreichend groß festgesetzt war, um bei der gleichzeitig auf 15 mm normirten Streifenbreite den Einfluß der Länge auf die Dehnung vernachlässigen zu können. —

An der Absicht des Prof. Kirsch, mich über einen Irrthum aufzuklären, in dem ich mich nach seiner Meinung befinde, kann ich nur seinen guten Willen anerkennen, sachlich ist er aber hierbei wieder auf falschem Wege. Freilich habe ich, wie Prof. Kirsch citirt, gesagt, daß der Zerreißfestigkeit eine Bedeutung für die Beurtheilung der Güte des Seiles nur beizumessen sei, wenn nach ihr das Verhältniß zwischen Betriebs- und Bruchlast ermittelt werden könne und „daß hierzu die Bruchlast unter solchen Verhältnissen festgestellt werden muß, welche den Betriebsverhältnissen entsprechen". Daß dieser wieder aus dem Zusammenhange herausgegriffene Satz wohl dahin verstanden werden kann, daß ich unter „Betriebsverhältnissen" die Art der Inanspruchnahme gemeint habe, unter der das Seil im Betriebe arbeitet, gebe ich zu. Prof. Kirsch hat mich in diesem Sinne verstanden und läßt mir nun unter Anführung von zwei Beispielen die Belehrung zu Theil werden: „wenn wir ein Material auf seine Qualität untersuchen, so geschieht dies nach bestimmten physikalischen Grundsätzen, ohne die unzähligen Betriebsanwendungen im Auge zu haben. Wir untersuchen doch nicht jedes Material für jeden Betriebszustand, sondern das Material an sich, und zwar in solcher Weise, daß aus den Ziffern Schlüsse auf das Verhalten in den verschiedensten Verwendungsarten gezogen werden können." Ob Prof. Kirsch eine derartige Belehrung für mich thatsächlich angebracht hält oder sonst welche Absichten mit deren Ertheilung verbunden hat, soll mich weiter nicht kümmern. Hätte er aber zu dem citirten den in meiner früheren Arbeit unmittelbar folgenden Satz mit herangezogen, so dürfte es ihm nicht schwer gefallen sein zu erkennen, daß sie überflüssig war, indem ich unter den beim Versuch zu berücksichtigenden „Betriebsverhältnissen" ausschließlich die Länge des arbeitenden Seiles habe verstehen wollen.

Beide Sätze lauten nämlich: „Der Zerreißfestigkeit des Seiles an sich kann eine Bedeutung für die Beurtheilung der Güte des Seiles doch wohl nur dann beigemessen werden, wenn sie ermöglicht, das Verhältniß zwischen Betriebs- und Bruchlast zu ermitteln. Hierzu muß aber die Bruchlast unter solchen Verhältnissen festgestellt werden, welche den Betriebsverhältnissen entsprechen.

Da nun die Versuchslänge innerhalb gewisser Grenzen auf die Bruchlast von Einfluß ist, oder doch sein kann, und Seile in der Regel in größeren Längen verwendet werden, so sollte auch die Versuchslänge meines Erachtens bei allen Versuchen so groß gewählt werden, daß sie außerhalb der Grenze jenes Einflusses liegt. Daß die Länge von 50 cm hierzu aber nicht immer genügt, dürfte durch die oben besprochenen Versuchsergebnisse hinreichend erwiesen sein."

Die Bemerkung, daß beim Zerreißversuch nicht alle Betriebsverhältnisse berücksichtigt werden können, hielt ich, nach der in dem citirten Satz gegebenen Einschränkung und mit Rücksicht auf einen aufmerksamen Leserkreis für überflüssig. Ich möchte aber hier nochmals betonen, daß meines Erachtens entweder bestimmte, für alle Seile gültige Gesetze über den Einfluß der Versuchslänge aufzustellen sind, oder aber, so lange dies nicht geschehen ist, die

[1]) Mittheilungen 1885, Heft I, Martens, Ueber den Einfluß der Länge und Breite der Probestreifen auf die Ergebnisse der Festigkeitsuntersuchungen von Papier.

Betriebslänge der Seile beim Zerreißversuch unbedingt in soweit berücksichtigt werden muß, als die Versuchslänge mindestens so groß zu wählen ist, daß man die wahre und nicht die durch die Länge beeinflußte Zerreißfestigkeit des Seiles ermittelt. Andernfalls sind die Versuchsergebnisse völlig werthlos.

Daß diese Ansicht zu Recht besteht, sofern man mit dem Zerreißversuch bezweckt, die Tragkraft oder den Arbeitsmodul als Maß für die Leistungsfähigkeit des Seiles unmittelbar zu ermitteln, bedarf wohl auch für Prof. Kirsch keiner näheren Begründung. Sie gilt aber auch dann, wenn es sich darum handelt, „Ziffern" zu gewinnen, welche die Unterlagen für „Schlüsse auf das Verhalten" in anderer Richtung bilden sollen. Oder sollte man vielleicht „die Güte der Verseilungsarbeit" aus den Ergebnissen ableiten können, die mit so geringen Seillängen gewonnen sind, daß die beim Verseilen erzeugte Reibung zwischen den einzelnen Fasern gar nicht mehr in Frage kommt, sondern lediglich die Summe der Festigkeit der an beiden Enden in den Einspannungen liegenden Fasern?

Zur Unterstützung seiner versuchten „Aufklärung" zieht Prof. Kirsch folgendes Beispiel an: „Man bestimmt die Zugfestigkeit des Cementes an Mörtel (1 : 3), der in der Praxis nicht immer verwendet wird, wenigstens nicht mit Normalsand. Steine prüft man in Würfelform, wenn man deren Qualität untersucht. Die erhaltenen Festigkeiten sind gänzlich verschieden von denen bei der Verwendung in Betracht kommenden. Sie können bis zum Dreifachen steigen; gleichwohl sind diese Steinuntersuchungen von Werth, wenn auch »die Bruchlast nicht unter solchen Verhältnissen festgestellt wurde, die den Betriebsverhältnissen entspricht«. Darüber herrscht unter den Fachleuten heute keine Meinungsverschiedenheit."

Ich gebe zu, daß es für Nichtfachleute schwierig sein mag, die Beziehungen zwischen den erwähnten Prüfungsverfahren und den Betriebsverhältnissen, unter denen Cement und Steine verwendet werden, herauszufinden, trotzdem bestehen solche. Zunächst dürfte kein Fachmann nach den erhaltenen Festigkeitswerthen andere Eigenschaften beurtheilen, als die auch bei der Verwendung anzusprechende Festigkeit[1]). Ueberdies hat die Prüfung der Cemente auf Zugfestigkeit an Mörtel (1 : 3) unter Verwendung von Normalsand allgemein Eingang gefunden, nachdem die Erfahrung gelehrt hatte, daß Cemente, welche die bei dieser Prüfung vorgeschriebenen Bedingungen nicht erfüllen, für Bauzwecke minderwerthiges Material sind. Daß die Stabform das Ergebniß auch bei Druckversuchen beeinflußt, ist längst allgemein bekannt. Trotzdem ist die Prüfung der Bruchsteine in Würfelform so lange berechtigt, bis durch Versuche gezeigt ist, daß sich für die Steine aus der Prüfung an geometrisch ähnlichen Prismen eine andere Reihenfolge der Einordnung nach steigender oder abnehmender Festigkeit ergiebt als aus der Prüfung an Würfeln. Es ist eben Erfahrungssache, daß die Ergebnisse der in Anwendung befindlichen Verfahren den beabsichtigten Schluß hinsichtlich des Gebrauchswerthes des Materiales auch thatsächlich zulassen. Für die Ergebnisse aus Seilprüfungen mit nur 0,5 m Meßlänge trifft dies nicht zu; vielmehr kann im Voraus mit Bestimmtheit gesagt werden, daß diese Ergebnisse mit Fehlern behaftet sind, die bei den verschiedenen Seilen verschieden groß und einstweilen unkontrolirbar sind, so daß sie zu mehr oder weniger falscher Beurtheilung des Materials führen müssen. Nur wenn die Seillänge beim Versuch hinreichend groß gewählt wird, so daß der Einfluß der Länge

[1]) Daß der Vergleich der für verschiedene Zustände erhaltenen Festigkeitswerthe unter Umständen gestattet, zu beurtheilen, wie das untersuchte Material sich vermöge seiner sonstigen Eigenschaften (z. B. Wasseraufnahme, Frostbeständigkeit) diesen veränderten Zuständen gegenüber verhält, gehört nicht hierher.

entfällt, kann man aus den Ergebnissen sichere Schlüsse hinsichtlich der „Qualität des Seiles" ziehen.

Ich mußte, als ich die Abhandlung schrieb, gegen die Prof. Kirsch nunmehr auftritt, annehmen, daß Prof. Kirsch als Fachmann diese Verhältnisse durchschaute und auch bestrebt war, ihnen, so weit es eben möglich ist, bei Aufstellung von Prüfungsvorschriften Rechnung zu tragen. Wenn er trotzdem nur 0,5 m Versuchslänge für Seilprüfungen vorschrieb und es nicht lieber vorzog so große Versuchslänge zu wählen, daß er vollends sicher sein konnte, Versuchsergebnisse zu erhalten, die von der Länge unbeeinflußt waren, so mußte ich nach greifbaren Gründen hierfür suchen. Den Erfolg brachte ich in folgenden Worten zum Ausdruck: „Ich glaube nicht fehl zu gehen in der Annahme, daß von den angeführten Gründen für die Wahl der geringen Probenlänge von 50 cm das Verlangen ausschlaggebend gewesen ist, Zerreißmaschinen mit geringer Einspannlänge die Möglichkeit der Verwendung bei Seiluntersuchungen zu wahren. Ob dies sachgemäß und „objektiv" ist, dies zu beurtheilen glaube ich dem Leser überlassen zu können, nachdem ich im Folgenden die Versuchsergebnisse nochmals kurz mitgetheilt haben werde, welche mich zu der Ansicht führten, daß die Länge der Seilprobe thatsächlich von nicht unerheblichem Einfluß auf deren Zugfestigkeit ist und daß dieser Einfluß bei einer Seillänge von 50 cm noch bei weitem nicht „unschädlich" gemacht ist."

Schon oben hatte ich Gelegenheit darzuthun, daß Prof. Kirsch einen einzelnen Satz aus meiner Arbeit beliebig aus dem Zusammenhang herausgegriffen und zu widerlegen versucht hat, daß diese Widerlegung aber überflüssig gewesen wäre, wenn er auf den Zusammenhang meiner Ausführungen geachtet hätte. Das Gleiche gilt auch von meinem soeben citirten Satz. Prof. Kirsch giebt ihn nur bis zu den Worten: „Ob dies sachgemäß und objektiv ist, dies zu beurtheilen glaube ich dem Leser überlassen zu können" wieder, macht es mir dann zum Vorwurf, daß ich das Urtheil des Lesers angerufen habe, anstatt selbst ausreichend nachzuweisen, daß er nicht sachgemäß und objektiv verfahren sei, und sagt schließlich: „Ich stehe nach allem unter dem Eindruck, daß Prof. Rudeloff nicht im Stande war nachzuweisen, daß die Länge von 0,5 m nicht „der Sache gemäß", d. h. ein verwendbarer Vorschlag sei."

Hätte Prof. Kirsch meine Ausführung, wie gesagt, nicht entstellt wiedergegeben, so würde ich es nicht nöthig haben, seine Leser darauf hinzuweisen, daß ich meine Leser ausdrücklich ersucht habe, erst dann zu urtheilen, nachdem sie meine auf Versuchsergebnisse gestützte Begründung gelesen haben würden. Daß Prof. Kirsch bis dahin über die letzteren „zur Tagesordnung übergegangen war" und erst jetzt bemüht ist, meine Untersuchungen „als unsichere, vollkommen unzureichende experimentelle Basis" hinzustellen, kann mich nicht hindern, an dem gegentheiligen Urtheil, mit dem ich durchaus nicht vereinzelt dastehe, festzuhalten.

Die weiteren Ausführungen von Prof. Kirsch: „Daß ich durchaus objektiv vorging, kann daraus entnommen werden, daß in der mir unterstehenden Versuchsanstalt nicht bloß Längen von 0,5 m, sondern bis zu 1,5 m geprüft wurden; ich hätte leicht Längen von 3 m prüfen können, wenn ich die von Prof. Rudeloff für Garne befolgte Methode mit Schleifen anzuwenden für gut befunden hätte", muß ich gestehen, sind mir im Zusammenhang mit dem Voraufgegangenen völlig unverständlich.

Auf Seite 88 der Wiener Mittheilung 1893 sagt Prof. Kirsch, daß bei seinen Versuchen „die Versuchslänge 400—500 mm, meist 400 mm betrug", dann empfiehlt er 0,5 m

als Versuchslänge mit dem ausdrücklichen Bemerken, daß Versuche mit verschiedenen Seillängen nicht angestellt wurden, und nun will er auf einmal sein Vorgehen (d. h. seinen Vorschlag von 0,5 m für die Versuchslänge, denn von diesem handelt der voraufgegangene Theil des Satzes) damit als „durchaus objektiv" begründen, daß er „nicht bloß Längen von 0,5 m, sondern bis zu 1,5 m geprüft" hat. Wenn dies thatsächlich der Fall war, bevor er seinen Vorschlag machte, so nimmt es mich Wunder, daß seine Versuche nicht auch damals schon erwähnt wurden.

Wenn Prof. Kirsch aber erst nach Aufstellung seines Vorschlages von ihm gemachte Versuche meint, so kann er doch unmöglich sein früheres Vorgehen mit dem rechtfertigen, was mehrere Jahre später geschah?!

Die „Methode mit Schleifen" bei Seilen anzuwenden, wenn der Längeneinfluß festgestellt werden soll, würde ich für durchaus unsachgemäß halten, weil die Belastung sich hierbei nicht mit hinreichender Gleichmäßigkeit auf die einzelnen Glieder des Seiles, die Litzen und Garne vertheilen würde.

Prof. Kirsch schreibt dann weiter: „Auf die Unterstellung, daß wir Normen machen, die für die Maschine der Versuchsanstalt im Technologischen Gewerbemuseum passen, brauche ich also nicht weiter einzugehen, denn sie bildet einen persönlichen Angriff auf unsere wissenschaftliche Objektivität, der wie man sieht, überdies gänzlich unbegründet ist."

Prof. Kirsch zieht es also vor, auf diesen Punkt nicht näher einzugehen, sondern ihn kurzer Hand damit abzuthun, daß er mir „Unterstellung" und „einen gänzlich unbegründeten persönlichen Angriff" vorwirft. Da ich annehmen muß, daß den Lesern meine Abhandlung aus dem Jahre 1895, also auch die Gründe nicht mehr gegenwärtig sind, welche mich zu der Annahme veranlaßten, daß „für die Wahl der geringen Probenlänge von 50 cm das Verlangen ausschlaggebend gewesen ist, Zerreißmaschinen mit geringer Einspannlänge die Möglichkeit der Verwendung bei Seiluntersuchungen zu wahren", so sehe ich mich genöthigt, diese Gründe behufs sachlicher Zurückweisung der mir von Prof. Kirsch gemachten Vorwürfe hier nochmals auseinander zu setzen.

Wie ich in jener Abhandlung erörtert habe, waren die Motive, welche Prof. Kirsch nach seinen eigenen Angaben dahin führten, 50 cm Versuchslänge vorzuschlagen, folgende:

1. Der Einfluß der Seillänge sei experimentell nicht untersucht worden und
2. auch „wahrscheinlich" nicht vorhanden,
3. weil „meist vertikale Zerreißmaschinen in Verwendung stehen, bei denen große Längen Schwierigkeiten bereiten" und
4. weil „dann der Materialaufwand bei den Proben geringer ist."

Den Widerspruch des ersten Grundes mit dem Thatbestande habe ich bereits im Voraufgehenden erörtert. Diesen Grund konnte ich also nicht anerkennen, zumal Prof. Kirsch meine Versuchsergebnisse damals nicht zu widerlegen versuchte. Auch der zweite Grund war haltlos, weil bei „wissenschaftlicher Objektivität" weder Vermuthungen noch unbewiesene Behauptungen als leitend angesehen werden können. Es bleiben also nur die beiden unter 3 und 4 genannten Gründe als sachlich bestehen. Von ihnen kann ich aber den letzteren ebenfalls nicht als stichhaltig erachten. Ich kann mir nämlich auch jetzt noch nicht vorstellen, daß Prof. Kirsch den Aufwand von einigen Metern Seil für den einzelnen Versuch thatsächlich für so groß halten sollte, daß es nothwendig ist, ihn auf Kosten der

Zuverlässigkeit der Ergebnisse zu vermeiden, zumal ich annehmen muß, daß Prof. Kirsch als Fachmann darüber unterrichtet ist, welche Kosten man ohne Bedenken sonst für die Probenbeschaffung aufwendet, z. B. bei hartem Gestein, um zuverlässige Ergebnisse zu erzielen. Hiernach befand ich mich also völlig im Recht, wenn ich den unter 3 genannten Grund als „ausschlaggebend" ansah. Ich habe hierbei keineswegs ausgesprochen, daß Prof. Kirsch Normen aufgestellt habe, „die für die Maschine der Versuchsanstalt im Technologischen Gewerbemuseum passen" und habe es auch nicht in Frage gestellt, daß Prof. Kirsch auch auf anderen Ortes aufgestellte-Maschinen mit geringer Einspannlänge Rücksicht genommen hat. Den Vorwurf der „Unterstellung" könnte ich also zurückgeben. Ihn mir zu machen, ist völlig unbegründet und somit ist Prof. Kirsch auch der Boden entzogen, auf dem er mit seiner Behauptung steht, ich sei bei meinen Ausführungen in den „persönlichen" Ton verfallen. Hätte Prof. Kirsch aufmerksamer gelesen, so würde der Ton seiner Erwiderung sicherlich ein anderer geworden sein, während er jetzt dem unbefangenen aber völlig eingeweihten Leser leicht die Erinnerung an das Sprichwort aufdrängt: Qui s'excuse s'accuse!" —

Für die Redaktion verantwortlich: A. Martens. — Verlag von Julius Springer in Berlin.

Druck von E. Buchbinder in Neu-Ruppin.

Mittheilungen
aus den
Königlichen technischen Versuchsanstalten
zu Berlin.

Herausgegeben im Auftrage
der Königlichen Aufsichts-Kommission.

XV. Jahrgang. 1897. Sechstes Heft.

THE NEW YORK PUBLIC LIBRARY ASTOR, LENOX AND TILDEN FOUNDATIONS

1. Bericht über die Thätigkeit der Königlichen technischen Versuchsanstalten im Etatsjahre 1896/97.

A. Mechanisch-technische Versuchsanstalt.

Personalbestand.

Während des Etatsjahres 1896/97 waren an der Versuchsanstalt thätig: 1 Direktor, 4 Abtheilungsvorsteher, 17 Assistenten, 14 technische Hülfsarbeiter, 1 etatsmäßiger Kanzlist, 9 Kanzleihülfsarbeiter, davon 5 ständig, 4 aushülfsweise nach Bedarf, 1 Anstaltsmechaniker, 4 Gehülfen, 1 Bureaudiener, 12 Arbeiter, 3 Arbeitsburschen.

Vermehrung der Hülfsmittel.

Da der Versuchsanstalt für das Jahr 1896/97 kein Extraordinarium zur Verfügung stand, so konnten Neubeschaffungen von Hülfsmitteln nur in geringem Umfange stattfinden. Beschafft wurden: eine Vorrichtung zum Betriebe eines Handwalzwerkes, eine Vorrichtung zum Betriebe der Hobelmaschine, eine Einspannvorrichtung für Flacheisen zur 500 t-Maschine, ein Patent-Festigkeitsprüfer, ein Vorgelege zum Hammerwerk, eine Einspannvorrichtung für Kupferstäbe, ein kleines Fallwerk für Plattenprüfungen, eine Vorrichtung zur Prüfung von Membranen, eine Einspannvorrichtung für dünne Bleche, ein Oel-Immersionssystem, zwei Mikroskope, ein Stahlrohrmanometer in Metallgehäuse (500 kg), ein vierfacher Englerscher Apparat zur Prüfung von Dampfzylinderölen, ein Cement-Abbindeapparat, ein Wärmeofen für Zerreißversuche, ein Apparat zum Messen der Längenänderung an Cementkörpern, eine Einrichtung zum Lösen der Ringe für Würfelformen, Cementformen (20 für Zug- und 42 für Drucktörper), eine Weckeruhr mit automatisch schließendem Gashahn zur selbstthätigen Abstellung der Erhitzung bei Versuchen im Autoklaven, ein Belichtungsrahmen zur Prüfung von Papier auf Neigung zum Vergilben.

Arbeiten der Anstalt.

a. In der Abtheilung für Metallprüfung

wurden insgesammt 279 Anträge erledigt, von denen 34 auf Behörden, 245 auf Private entfallen. Diese Aufträge umfassen 2260 Versuche, und zwar:

1516 Zugversuche (403 mit Stahl, 256 mit Eisen, 20 mit Kupfer, 157 mit Legirungen, 85 mit Treibriemen, 44 mit Drahtseilen, 326 mit Drähten, 62 mit Hanfseilen, 18 mit Ketten, 22 mit Rohren, 40 mit Bindfaden und 83 mit Konstruktionstheilen);

221 Druckversuche (97 mit Betonproben, 6 mit Thon-, 4 mit Cementröhren, 25 mit gußeisernen Säulen, 42 mit Filz, 13 mit Hartgummi, 6 mit Celluvert, 10 mit Dachpappe und 18 mit Gußeisen);
56 Biegeversuche (2 mit Aluminiumträgern, 12 mit Gußeisen, 8 mit Kanalböcken, 16 mit Stahlschienen, 6 mit Betonschwellen und 12 mit Röhren);
37 Verdrehungsversuche (23 mit Drähten und 14 mit biegsamen Wellen);
9 Scheerversuche mit Nieten;
29 Stauchversuche (18 mit Gußeisen, 6 mit Rädern und 5 mit Gasflaschen);
4 Schlagbiegeversuche (2 mit Stahlachsen und 2 mit Betonschwellen);
5 Härteproben mit Stahl;
5 Prüfungen von Zerreißmaschinen;
1 Untersuchung eines Härteprüfers;
1 Untersuchung eines Flaschenzuges;
38 Prüfungen auf inneren Druck (16 mit Thonröhren und 22 mit Gasflaschen);
42 Reibungsversuche mit Schmierölen;
10 Untersuchungen von Farben;
286 Technologische Proben (261 Biegeproben, 16 Schmiedeproben und 9 Lochproben).

Außerdem umfangreiche Untersuchungen von Gummischläuchen, Steinschlag, Eisennickellegirungen, Kupfer und Leim.

Unter den bearbeiteten Prüfungsanträgen mögen folgende noch besonders hervorgehoben werden:

1. Belastungsproben mit ganzen Konstruktionstheilen, als gußeiserne und schmiedeeiserne Säulen auf Knickfestigkeit, Flaschenzüge auf Nutzeffekt und Tragfähigkeit, Zughaken, Spannschrauben, Isolatoren auf Zugfestigkeit, und gußeiserne Böcke für unterirdische Leitungen bei Straßenbahnen. Bei den letzteren handelte es sich in Sonderheit um die Erprobung verschiedener Konstruktionsformen hinsichtlich ihrer Widerstandsfähigkeit gegen die im Betriebe auftretenden verschiedenartigen Belastungen.

Ferner sind hier zu nennen Untersuchungen mit Eisenbahnschwellen aus Beton auf Biegungsfestigkeit, Druckfestigkeit, sowie auf Widerstandsfähigkeit gegen Stöße und gegen Seitendruck auf die Befestigungsschrauben der Schienen.

Für den Fahrradbau wurden untersucht geschweißte, gezogene und gewickelte Rohre auf Biegungsfestigkeit und auf Zugfestigkeit zum Theil unter Einschluß der Verbindungsstellen, ferner Luftpumpen, wie sie zum Spannen der Pneumatikreifen dienen, auf Leistungsfähigkeit, Kraftaufwand beim Pumpen und auf Bruchfestigkeit.

Eingeleitet wurden ferner Untersuchungen mit biegsamen Wellen auf Drehfestigkeit. Die Wellen bestehen aus mehrfachen, übereinander liegenden Drahtlagen, deren Neigungssinn wechselt und die mit Spannung eng auf einander liegen, so daß sie sich bei Inanspruchnahme der Welle gegenseitig am Auf- und Zudrehen hindern.

2. Die Untersuchungen mit stählernen Kohlensäureflaschen, die bereits im Vorjahre die Anstalt wiederholt beschäftigten, erstreckten sich im Betriebsjahre 1896/97 außer auf Erprobung durch inneren Druck auch auf Fallversuche mit Flaschen verschiedenen Ursprunges, die mit Gas gefüllt waren. Die Flaschen wurden hierbei aus Fallhöhen bis zu 4 m auf Unterlagen aus Roheisenbarren herabfallen lassen. Sie erlitten mehr oder weniger starke Einbeulungen, ohne daß eine der Flaschen zu Bruch ging. Später mit dem Material

derselben Flaschen vorgenommene Zerreißversuche ergaben Zugfestigkeiten bis zu 70 kg/qmm bei nur 6% Bruchdehnung, kennzeichneten das Material also als außerordentlich spröde.

Außer den Kohlensäureflaschen gelangten wiederholt Lachgasflaschen für Zahnärzte zur Prüfung, von denen eine größere Anzahl unter dem vorgeschriebenen Probedruck beträchtliche Formänderungen erlitt.

3. Im Auftrage der Königlichen Eisenbahndirektion Cassel wurden weitere Untersuchungen mit Kies auf seine Verwendbarkeit zu Eisenbahnschotter angestellt. Hierbei wurden die beim Eisenbahnbetriebe auftretenden Einflüsse des Schlagens mit der Stopfhacke, des Abschleifens durch die schwingenden Bewegungen der Schwellen beim Ueberfahren der Züge, des Druckes durch die Belastung der Fahrzeuge und der Witterung sowie des Frostes durch den Versuch nachgeahmt. Insgesammt liegen z. Z. die Ergebnisse für 6 verschiedene Sorten Kies und Steinschlag vor. Sie sind mit Genehmigung der Antragstellerin als dritte Arbeit in diesem Heft veröffentlicht.

4. Die Prüfungen der vorgenannten 5 Festigkeitsprobirmaschinen, von denen 2 im Auftrage von Behörden und 3 für private Werke erfolgten, erstreckten sich auf die Ermittelung und thunlichste Beseitigung der Fehler in der Lastanzeige bis auf mindestens 1% Genauigkeit. In den meisten Fällen konnte diese Genauigkeit indessen innerhalb des ganzen Bereiches der zulässigen Belastung der Maschine nicht erreicht werden, da die Fehler bei verschiedenen Belastungen verschieden groß waren. Die Bescheinigungen, welche über derartige Prüfungen ausgefertigt werden, enthalten aber neben den Angaben über die bei der Prüfung vorgenommenen Veränderungen sämmtliche auf die Kontrole der Lastanzeige bezüglichen Einzelwerthe und die Berechnung der Größe der nicht beseitigten Fehler. Die Bescheinigungen liefern somit die Unterlagen, um die bei Benutzung der Maschine bei den verschiedenen Belastungen vorkommenden Fehler bestimmen zu können, vorausgesetzt, daß der Zustand der Maschine dauernd so erhalten bleibt, wie er am Ende der Prüfung war.

Um sich hiervon jederzeit überzeugen zu können, empfiehlt sich die Beschaffung sogenannter Kontrolstäbe, deren elastische Dehnung als Kontrolmaß für die Richtigkeit der Lastanzeige mit Hülfe von Spiegelapparaten zu beobachten ist; die Dehnungszahl ist also vorher auf einer geprüften Maschine festzustellen.

Die Abtheilung hat im verflossenen Jahre auf Antrag 2 solche Kontrolstäbe gefertigt und mit den zugehörigen Prüfungsscheinen zum Gebrauch abgegeben. Den Empfängern ist empfohlen, die Stäbe zur Nachprüfung wiederholt zurückzusenden, um sich über etwaige Veränderungen in der Dehnungszahl der Stäbe unterrichtet zu halten.

5. Die Ausbildung neuer Prüfungsverfahren erheischte der Antrag eines Gerichtes auf Abgabe eines Gutachtens über die bedingungsgemäße Lieferung von Schläuchen für Eisenbahnfahrzeuge und mehrfache Anträge auf Untersuchung von Holzcement für Dächer.

Die Untersuchungen der Schläuche erstreckten sich nach Maßgabe der vorgelegten Bedingungen auf die Ermittelungen der Schlauchabmessungen, der Fertigungsart, des Verhaltens der Schläuche gegen inneren Wasser- und Dampfdruck hinsichtlich Elastizität, Festigkeit und Verdrehen, sowie auf Veränderungen der Elastizität und Festigkeit des Materials in Folge Erhitzens an der Luft und im Dampf.

Die Untersuchungen mit Holzcement bezweckten die Feststellung des Materialaufwandes bei der Verarbeitung, des Einflusses des Holzcementes auf die Festigkeit der gestrichenen Dachpappe, des Klebvermögens bei Herstellung von Ueberlappungen im Pappbelag, und der Durchlässigkeit solcher Ueberlappungen für Wasser und Holzcement.

6. Hervorgehoben sei ferner die gesteigerte Inanspruchnahme der großen 500 t-Maschine. In der Hauptsache erstreckten sich die auf dieser Maschine ausgeführten Versuche ebenso wie im Vorjahre auf Druckversuche mit großen Beton- und Steinquadern mit Kantenlängen bis zu 500 mm. Einige der einschlägigen Versuchsreihen bildeten die Fortsetzung von Untersuchungen an Gelenksteinen für den Brückenbau. Bei ihnen wurden nicht nur die Bruchfestigkeiten der Steine ermittelt, sondern unter Benutzung von Spiegel- und Rollenapparaten zugleich die Formänderungen der Steine bei wachsender Belastung längs und quer unter gleichzeitiger Beobachtung von mehreren (bis zu 13) Apparaten festgestellt, um aus diesen Messungen an verschiedenen Stellen die Spannungsvertheilungen in den beiden zusammenarbeitenden Steinen ableiten zu können.

Eine andere, besonders umfangreiche Versuchsreihe galt der Erprobung der Festigkeitseigenschaften von Beton, welcher zur Herstellung eines Gasometerbassins verwendet war. Die Proben wurden während des Bassinbaues dem zu verarbeitenden Material beliebig entnommen, wie bei der Bauausführung zu Würfeln von 30—50 cm Kantenlängen auf dem Bauplatz eingestampft und dann nach verschieden langer Erhärtung geprüft, so daß das Probenmaterial dem Beton in der Bassinwand als gleichwerthig angesehen werden kann. Neben diesen Betonuntersuchungen fanden zum Vergleich Druckversuche mit großen Mauerwerkskörpern statt.

Unter den auf der 500 t-Maschine angestellten Druckversuchen sind ferner zu nennen wiederholte Prüfungen von Filztafeln, wie sie als Unterlagen für Schienen beim Eisenbahnbau dienen. Die Untersuchungen bezweckten die Feststellung der gesammten und bleibenden Zusammendrückungen der Filztafeln für bestimmte Belastungen und schließlich der höchsten Tragfähigkeit der Tafeln bis zur Zerstörung.

Zerreißversuche lagen für die 500 t-Maschine vor aus dem Antrage einer Brückenbauanstalt, betreffend die Prüfung ganzer Konstruktionstheile als Flacheisen und Winkel. Dieser Antrag gab Veranlassung die Einspannvorrichtungen zu der 500 t-Maschine zu ergänzen, so daß jetzt ohne besondere Vorbereitungen Versuche mit Flacheisen bis zu 250 mm Breite und auch mit ganzen Winkeln bis zu 100 mm Schenkellänge angestellt werden können.

Ferner wurden zufolge eines Prüfungsauftrages Einspannvorrichtungen für Ketten bis zu 72 mm Eisenstärke beschafft. Sie sind derart eingerichtet, daß den Vorschriften des Lloyds entsprechend 3gliedrige Stücke geprüft werden können, in welche Anschlußglieder eingeschweißt sind, deren Abmessungen auf der einen Seite der Eisenstärke der zu prüfenden Kette, auf der anderen Seite der vorhandenen Einspannvorrichtung anzupassen sind.

Von den Untersuchungen im Auftrage der Ministerien wurden fortgeführt die Dauerversuche mit Eisenbahnmaterialien und die Untersuchungen über den Einfluß der Standortsverhältnisse auf die Festigkeitseigenschaften von Tannen- und Kiefernholz. Zum Abschluß gebracht ist die erste Reihe zu den Untersuchungen über den Einfluß des Blauwerdens auf die Festigkeit von Kiefernsplintholz und die Vorunterſuchungen mit Litzen und Drähten zur Feststellung des Einflusses der Konstruktion auf die Festigkeitseigenschaften von Drahtseilen. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind in den „Mittheilungen" 1897 Heft 1 und 3/4 veröffentlicht. Neu eingeleitet sind vergleichende Untersuchungen über die Widerstandsfähigkeit verschiedener Eisensorten gegen Rosten und die Versuchsreihe II mit blauem Kiefernsplintholz.

b. In der Abtheilung für Baumaterialprüfung.

Die Inanspruchnahme der Abtheilung für Baumaterialprüfung durch Behörden und Private ist im Rechnungsjahre 1896/97 annähernd die gleiche geblieben wie im Vorjahre.

Die Anträge betrafen neben der Kontrole von Lieferungen auch in diesem Jahre vielfach wieder neue Erzeugnisse, deren Eigenschaften festzustellen waren, um sie richtig bewerthen oder ihre Fabrikation den Eigenschaften entsprechend ändern zu können. Verschiedene Prüfungsverfahren wurden neu ausgebildet, wodurch das Arbeitsgebiet der Abtheilung auch in diesem Jahr erweitert wurde.

Die Abtheilung für Baumaterialprüfung bearbeitete 279 Aufträge mit 19695 Versuchen, gegen 341 Aufträge mit 14334 Versuchen im Vorjahre. Die Zahl der Aufträge war somit geringer, der Umfang der Arbeiten aber wesentlich größer als im Vorjahre.

Von den Anträgen entfallen 69 auf Behörden und 210 auf Private; die Anträge vertheilen sich somit annähernd in demselben Verhältniß wie im Vorjahre.

Auf die einzelnen Staaten entfallen:

Heimath des Antragstellers	Behörden	Private	Zusammen
Preußen ohne Berlin	52	133	185
Berlin	8	22	30
Baden	—	6	6
Bayern	—	3	3
Sachsen	2	12	14
Andere deutsche Bundesstaaten . .	7	22	29
Ausland	—	12	12
Zusammen	69	210	279

Von den ausgeführten Versuchen entfallen:

15727 auf Bindemittel,

3968 auf Steine aller Art und Verschiedenes.

Die Zahl der Versuche mit Bindemitteln hat sich gegen das Vorjahr nahezu verdoppelt.

Auf Grund der 279 Aufträge wurden geprüft: 124 Cemente, 48 Bruchsteinsorten, 39 Ziegelsteinsorten, 30 Betonmischungen, 30 Fußbodenbeläge (Cement- und Thonplatten, Papyrolith), 13 Arten künstlicher Steine (ohne Ziegel), 12 Kalkarten, 6 Arten von Dachziegeln, 5 Kalktraßmörtel, 5 Sandarten, 4 feuerfeste Thone, 3 Arten Cementröhren, 2 Arten Asphaltpflaster, 2 Deckensysteme, 5 verschiedene Materialien (Pfeiler, Dichtungsmaterial, Dachschiefer, Asbest, Terranova). Insgesammt 328 Baustoffe.

Einen auffallenden Rückgang gegen das Vorjahr zeigt die Zahl der geprüften Ziegel und sonstigen künstlichen Steine. Dagegen hat sich die Zahl der Cementprüfungen vermehrt und die übrigen Prüfungen haben sich nahezu auf gleicher Höhe gehalten.

Die Prüfung der Bindemittel (Cementmörtel, Kalkmörtel, Kalktraßmörtel) und der Betonmischungen erfolgte je nach dem Antrage in der als bekannt vorauszusetzenden Weise auf die einzelnen Eigenschaften der Mörtelbildner, besonders auch auf Zug- und Druckfestigkeit. Einzelne frische Mörtel wurden auch auf Ergiebigkeit und Verputzfähigkeit, andere bereits in erhärtetem Zustande dem Mauerwerk entnommene Mörtel- und Betonproben auf mechanische und chemische Zusammensetzung geprüft. Die für die Festigkeitsversuche erforderlichen Probekörper wurden in der Anstalt selbst hergestellt, wobei sich die neuen Einspannvorrichtungen[1]) und die neuen auswechselbaren Formen ausgezeichnet bewährten.

[1]) Vergl. Mittheilungen, Jahrgang 1896, Heft 3.

Die Prüfung der Bruchsteine, der Ziegel und anderen künstlichen Steine wurde nach Möglichkeit dem beabsichtigten Verwendungszwecke der Steine angepaßt. Fußbodenbeläge wurden namentlich auf Abnutzung und Stoßfestigkeit, Dachziegel auf Wetterbeständigkeit und Stoßfestigkeit geprüft.

Die Prüfung der Cementröhren erstreckte sich im Wesentlichen auf die Ermittelung des Widerstandes gegen äußeren Druck.

Die für die Festigkeitsprüfungen der Bruchsteine erforderlichen Probekörper (Würfel) wurden ausschließlich auf den Diamantsägen der Anstalt hergestellt.

Die Prüfungen mit Steindecken erstreckten sich im Berichtsjahre auf Gips-Estrichdecken, System Maucher, und freigemauerte Decken mit Stahleinlagen.

Besonders zahlreich wurden Untersuchungen von Schlackensteinen und Kalksandsteinen ausgeführt. Erstere namentlich auf Antrag von Hüttenwerken, welche ihre granulirten Schlacken zu Mauersteinen verarbeiten und so zu verwerthen suchen. Solche Schlackensteine sind auch in Gestalt von gemauerten Pfeilern zur Prüfung gekommen.

Von den aus dem Rahmen der üblichen Prüfungen herausfallenden und durch ihre Eigenart interessirenden Baumaterialuntersuchungen sind einige bereits veröffentlicht worden, so z. B. die von der Firma Zöller, Wolfers, Dröge in Berlin beantragten vergleichenden Versuche mit natürlichem und künstlichem Asphaltbelag und die Untersuchungen über die Verwendbarkeit von Scheidekalk zu Mörtelzwecken[1]).

Wiederholt sind Prüfungen mangelhaft abgebundener Mörtel auf ihre Zusammensetzung und auf Vorhandensein schädlicher Bestandtheile, welche etwa das rechtzeitige und ausreichende Erhärten des Mörtels verhindert haben könnten, untersucht worden. In zwei Fällen hat sich dabei herausgestellt, daß der Mörtel nicht den Angaben der Bauleitung entsprechend zusammengesetzt war.

Besonderes Interesse beanspruchte die Prüfung eines verwitterten, zu Sand zerfallenen porphyrartigen Gesteines auf Verwendbarkeit der Verwitterungsprodukte als Mauersand.

Der Sand lieferte in Mischung mit Cement ausgezeichnete Festigkeitsergebnisse.

Korksteine, die als Wärmeschutzmittel dienen, wurden auf Druck- und Biegefestigkeit, Asbestpappe wurde auf Glühverlust und auf Verhalten beim Glühen über dem Gasgebläse geprüft. Die Pappe färbte sich durch Verkohlung der organischen Substanzen schwarz, nahm aber allmählich ihren ursprünglichen Farbenton wieder an. An der ausgeglühten Stelle erlangte die Pappe größere Härte und Dichtigkeit, allerdings auf Kosten der ursprünglichen Biegsamkeit.

Ein neuer Baustoff „Terra nova", der zu Putzzwecken Verwendung findet, wurde auf Verwitterungsfähigkeit untersucht, sowie auf Gehalt an leicht löslichen Salzen, die jedoch in nennenswerther Menge nicht vorgefunden wurden.

Schließlich sei noch ein neuer Fußbodenbelag „Papyrolith" erwähnt, welcher estrichartig verarbeitet in Platten eingereicht und auf Verhalten bei Einwirkung solcher Chemikalien, welche hauptsächlich in Krankenhäusern Verwendung finden, eingehend untersucht wurde.

Erzeugnisse der Cementwaarenfabrikation wurden wiederholt und zwar vorwiegend in Gestalt von Cementröhren und Cementeisenbahnschwellen geprüft. Die Cementrohre gelangten zum Theil auf Antrag der Fabrikanten zur Prüfung auf Druckfestigkeit, und in einem Falle auf Antrag einer Eisenbahnbehörde zur Prüfung auf Druckfestigkeit und Zusammensetzung des Betons.

[1]) Mittheilungen, 1897, Heft 1.

Im letzteren Falle hatten die für Seitendurchlässe gelieferten Cementrohre so viel Bruch gezeigt, daß Zweifel an der Güte und dem Mischungsverhältniß des Betons entstanden, und die weitere Lieferung einstweilen untersagt wurde. Die Versuche bestätigten den Verdacht, denn es ergab sich, daß der Beton stark von Resten pflanzlichen und thierischen Ursprungs (vorwiegend Schneckengehäuse) durchsetzt und augenscheinlich mit einem durchaus ungeeigneten Kiese hergestellt worden war. Die Druckfestigkeit der aus dem fehlerhaften Material hergestellten Rohre war entsprechend gering.

In Verbindung mit der Prüfung der Cement-Eisenbahnschwellen wurden 22 Kiesproben daraufhin untersucht, ob sie sich für die Herstellung eines dichten Betons geeignet erwiesen. Mit den aus diesen Prüfungen ermittelten besten Kiesen wurden dann vergleichende Prüfungen auf Druckfestigkeit in Betonmischung angestellt.

Die Abtheilung wurde von 5 Amtsgerichten beziehungsweise Landgerichten in Anspruch genommen. Theilweise handelte es sich dabei um die Erstattung eingehender Gutachten über die Eigenschaften von Baumaterialien und zwar von Traß, von Mörtel, von Kalksteinen, von Cement, und von Proben von Ziegelmauerwerk, Beton und Mörtel aus dem Fundamente eines eingestürzten Fabrikgebäudes.

Versuche in besonders großem Umfange wurden auffallend zahlreich beantragt. So erstreckte sich ein Prüfungsantrag auf die Untersuchung der Baumaterialien, die zum Bau einer Thalsperre Verwendung finden sollten. Ein anderer Antrag umfaßte Betonmaterialien zum Bau eines Wasserwerkes und zwar Cement, Sand, Kies, Granitsteinschlag und Grauwackensteinschlag. Verschiedene Betonmischungen wurden mit einander verglichen. Dabei zeigte sich in der mageren Mischung 1 : 3 : 5 : 7 der Granitsteinschlag dem Grauwackensteinschlage in Bezug auf Druckfestigkeit gleichwerthig. In der fetten Mischung $1 : 2^1/_2 : 4 : 6$ war dagegen der Granitsteinschlag der Grauwacke überlegen. Ob dies nur für die verwendeten Materialien oder allgemein zutrifft, konnte noch nicht festgestellt werden.

Ein dritter umfangreicher Auftrag bezweckte die laufende Prüfung des zum Bau eines Gerichtsgebäudes maschinell gemischten Kiesbetons. Der Beton wurde frisch von der Mischmaschine an die Versuchsanstalt eingeliefert und in eisernen Formen für die Druckversuche zu Würfeln gestampft.

Große Betonuntersuchungen gelangten schließlich noch seitens einer Baugesellschaft und seitens einer Fortifikation an die Versuchsanstalt.

Umfangreiche Bruchsteinuntersuchungen beantragte ein Steinbruchbesitzer und der Magistrat einer größeren Stadt, der sich über die Eigenschaften der ihm zu Gebote stehenden Pflastersteine Gewißheit verschaffen wollte.

Prüfungen gebrannter Thonplatten wurden gleichfalls für zwei Antragsteller (namhafte Thonplattenfabrikanten) in erschöpfender Weise ausgeführt.

Die Anträge auf Prüfung von Cementen erstreckten sich vorwiegend auf Ermittelung der in den preußischen Normen geforderten Eigenschaften. In einem Falle wurden indessen mehrere Cemente ausführlich untersucht, die einer ausländischen Staatsbehörde zum Zwecke der Ausführung von Eisenbahnviadukten angeboten worden waren, und auf Grund eines zweiten Antrages ließ eine Cementfabrik ihre gesammte Jahres-Fabrikation laufend untersuchen.

Große Versuchsreihen, welche in den vorangehenden Aufzählungen keine Berücksichtigung gefunden haben, mußten zur Vervollständigung der Prüfungsverfahren und zum Zwecke der geplanten Abänderung der Prüfungsnormen für Portland-Cement ausgeführt werden.

Hierzu gehören:

Versuche über den Einfluß der Menge des Mörtels und der Zeitdauer des Mischens.

Versuche über den Einfluß des Wasserzusatzes und des Mischverfahrens.

Vergleichende Versuche mit Normalsand verschiedener Lieferung.

Feststellung der Einflüsse, welche sich bei verschiedenem Einfüllen des Mörtels in die Formen, oder in Folge Oelens der Formen, oder in Folge der Oberflächenbeschaffenheit der Formen geltend machen.

Ermittelung des Einflusses der Schlagarbeit und der Geschwindigkeit der Hammerschläge auf die Festigkeit der Proben, der etwa schädlichen Einflüsse beim Abschneiden und Glätten der Proben, sowie beim längeren Belassen derselben in der Form.

Einfluß der Wassererneuerung, der Erschütterungen, der Wärme und des Luftzuges auf frische und erhärtende Proben.

Die vorhandenen schädlichen Einflüsse bei Prüfuug der Proben auf Zug- und Druckfestigkeit und vieles andere.

Hierzu kommen noch die Versuche, welche theilweise im Vorjahre begonnen und fortgesetzt werden mußten. Nämlich

1. Versuche mit Cementmörtel- und Betonmischungen bei Erhärtung in Leitungswasser, in eisenhaltigem Wasser und in Moorwasser, ausgeführt im Auftrage des Herrn Ministers der öffentlichen Arbeiten. (Die Versuche sind noch nicht abgeschlossen.)

2. Versuche über die Zuverlässigkeit der sogenannten beschleunigten Raumbeständigkeitsproben, ausgeführt unter Mitwirkung des Vereins Deutscher Portland-Cement-Fabrikanten. (Auch diese Versuche sind noch nicht abgeschlossen.) Sie haben eine werthvolle Ergänzung erfahren durch Beobachtungen, die neuerdings mit den der laufenden Prüfung unterworfenen Cementen in der Versuchsanstalt angestellt werden, und über welche eine Arbeit des Abtheilungsvorstehers Gary berichtet, die in Heft 5 Jahrgang 1897 der Mittheilungen veröffentlicht ist. Nach dem bisherigen Stande der Prüfungen scheint es, als wenn die bisher bekannt gewordenen sogenannten „beschleunigten Proben auf Raumbeständigkeit" kein zuverlässiges Urtheil über die Raumbeständigkeit der Mörtel bei Verwendung in der Praxis zulassen.

3. Vergleichende Untersuchungen über den Einfluß des Mörtelmischverfahrens auf Cementmörtel.

Diese ebenfalls bereits im Vorjahre begonnenen Versuche sind neuerdings wesentlich darauf gerichtet, das Handmischverfahren durch ein zuverlässigeres maschinelles Mischverfahren zu ersetzen, welches sich anscheinend bei Verwendung einer Mischmaschine (Bauart Steinbrück-Schmelzer) erreichen läßt. Diese Maschine hat im Laufe der Untersuchungen in der Versuchsanstalt wesentliche Verbesserungen erfahren.

4. Versuche, welche zur Kontrole der Prüfungsapparate und zur Ermittelung der Fehlerquellen verschiedener Prüfungsverfahren dauernd haben ausgeführt werden müssen.

Von den ausgeführten umfangreichen Arbeiten konnte bisher nur ein kleiner Theil gedruckt werden und zwar hat der Abtheilungsvorsteher im Berichtsjahre die folgenden Arbeiten veröffentlicht:

„Traßprüfungen, speciell Ermittelung eines einfachen und zuverlässigen Verfahrens für die einheitliche Bestimmung des Hydratwassers von Trassen."

„Cementuntersuchungen des Betriebsjahres 1894/95 bis 1895/96 mit Angabe der Entwicklung der Festigkeitseigenschaften und der Feinheit des Portland-Cementes seit Beginn der Prüfungen dieser Bindemittel".

„Sand und Cementsiebe. Eine kritische Studie der Fehler, welche den aus dem Handel bezogenen und zur Prüfung benutzten Siebgeweben anhaften".

„Prüfungen natürlicher Gesteine. Eine Zusammenstellung der in den Betriebsjahren 1892/93 bis 1893/94 ausgeführten Untersuchungen von Bruchsteinen unter kurzer Angabe der früher ausgeübten Prüfungsverfahren".

„Prüfung von künstlichem Asphalt durch Eindruckversuche in Vergleich zu natürlichem Asphalt".

„Kleine Mittheilungen aus der Abtheilung für Baumaterialprüfung":

a. Fehlerhafte Terrazzoplatten.
b. Mangelhafte Betonmischungen.
c. Verwendungsmöglichkeit von Scheideschlamm aus der Zuckerfabrikation.

c. In der Abtheilung für Papierprüfung

wurden 953 Anträge erledigt, von denen 581 auf Behörden und 372 auf Private entfallen. Sie umfassen die Prüfung von 1373 Papiersorten, 80 Stoffproben (Segeltuch, Tuch, Zeltstoffe, Leinewand, Gespinnstfasern), 5 Photographie-Kartons, 1 Cellulosesorte, 3 Leinenplüschen, 6 Dachpappen, 6 Bukskinstoffen, 2 Zugfestigkeitsprüfern.

Auf Antrag von Gerichtsbehörden wurden 3 Gutachten und auf Antrag einer Privatperson ein Gutachten abgegeben.

Bei den Gutachten für Behörden handelte es sich in dem einen Falle um die Abgabe eines Obergutachtens über die Frage, ob ein geliefertes Papier der Bestellprobe, insbesondere hinsichtlich der Leimung, entsprechend geliefert sei, und im zweiten Falle um die Abgabe eines Gutachtens über die zweckentsprechende Auswahl von Schreibheften, sowohl bezüglich des verwendeten Schreibpapiers als auch bezüglich der Löschblätter.

Im dritten Falle handelte es sich um die Schlichtung eines im Auslande geführten Rechtsstreites. Ein Papier war als angeblich holzhaltig beanstandet worden, und der Richter verlangte ein Gutachten der Versuchsanstalt in dieser Angelegenheit. Das Papier enthielt wohl Spuren verholzter Fasern, aber mit Rücksicht auf die überaus geringe Menge derselben und mit Rücksicht auf die bei der Fabrikation von Papier in Frage kommenden Verhältnisse wurden diese Spuren sachlich als belanglos und für die praktische Verwendung des Papiers bedeutungslos angesehen. Das Papier wurde als holzschlifffrei bezeichnet.

Von den oben erwähnten 953 Anträgen gingen 27 aus dem Auslande ein. Auf die verschiedenen Länder vertheilen sich diese wie folgt.

Oesterreich	6	Anträge	mit	7	Papieren, einem Gutachten.
Schweden	4	„	„	12	„
Frankreich	3	„	„	3	„
Holland	3	„	„	3	„
Rußland	3	„	„	38	„
Schweiz	2	„	„	5	„
England	1	„	„	2	„
Italien	1	„	„	1	Papier
Chile	4	„		4	Stoffproben.

Die Untersuchung der 1373 Papiere erstreckte sich in den meisten Fällen auf die Feststellung der Stoff- und Festigkeitsklassen behufs Einreihung in eine der Verwendungsklassen.

Bei den übrigen Papieren wurden einzelne Eigenschaften oder Gruppen von Eigenschaften für besondere Zwecke festgestellt.

Insgesammt wurden untersucht nach Ansatz

313[1])	905	Papiere,	
300 (Festigkeit)	117	„	
301 (Widerstand gegen Zerknittern)	204	„	
302 (Aschengehalt)	110	„	
305 (Dicke und Gewicht)	2	„	
306 (verholzte Fasern)	4	„	
307 (Bestimmung der Art der verholzten Fasern)	1	„	
308 (Schätzung des Holzschliffes nach Herzberg)	2	„	
309 (mikroskopische Untersuchung)	76	„	
310 (Schätzung der Mengenverhältnisse der Faserarten)	96	„	
311 (chemische Untersuchung)	84	„	15 Stoffe,
314 (Festigkeit)	33	Stoffe,	
317 (Bestimmung der Faserart)	36	„ ,	2 Druckschläuche,
318 (Fadenzahl)	1	Stoff,	
320[2])	9	Stoffe,	
321[3])	1	Stoff,	
108 (Apparatprüfung)	2	Zugfestigkeitsprüfer.	

Von den auf Antrag ausgeführten Untersuchungen seien als besonders bemerkenswerth noch folgende erwähnt:

1. Untersuchung von 13 Löschpapieren auf Saughöhe.
2. Feststellung des Verhältnisses von Leinen und Baumwolle in drei Plüschproben. Eine Zollbehörde wollte die Stoffe mit einem höheren Zoll belasten, weil sie annahm, daß die Plüsche überwiegend aus Baumwolle bestanden; es wurde festgestellt, daß zwei Plüsche vorwiegend Leinen, und ein Stoff etwa 55% Baumwolle enthielt.
3. Die Feststellung der Faserlängen zweier Holzschliffproben.
4. Bestimmung des Falzverlustes von drei Papiersorten nach dem Vorschlage von Kirchner.
5. Untersuchung zweier Papiere auf rostschützende Eigenschaften.
6. Eine Zollbehörde war der Ansicht, daß 3 Papiere von pergamentartigem Aussehen Pergamentpapier seien und erhob den höheren Zoll hierfür; die Versuchsanstalt stellte fest, daß die 3 Papiere nicht als Pergamentpapier anzusehen seien.
7. Die Untersuchung eines Militärtuches auf das Vorhandensein von Kunstwolle.
8. Eine Firma sandte der Versuchsanstalt zwei Proben Seidenpapier ein, von denen festgestellt werden sollte, ob sie sich zum Einschlagen von Gold- und Silberwaaren eigneten. Die nach dem Stockmeierschen Verfahren ausgeführten Untersuchungen ergaben, daß die Papiere ohne Bedenken zu Umhüllungen der oben angegebenen Waaren benutzt werden können.

[1]) Vollständige Untersuchung eines Papiers nach den Ansätzen 300, 301, 302, 309 und auf Leimfestigkeit.

[2]) Untersuchung eines Stoffes auf Schlichte, Stärke, Farbe, Wasserdurchlässigkeit u. s. w.

[3]) Vollständige Untersuchung eines Stoffes nach den Ansätzen 314, 316—319.

9. Vergleichende Versuche auf Tusch-, Wasch- und Radirfähigkeit zwischen zwei deutschen und einem englischen Whatman-Zeichenpapier.
10. Feststellung des Gehalts an Wolle in 6 Buckskinstoffen zur Schlichtung einer Zollstreitigkeit.
11. Vergleichende Versuche mit einer deutschen und einer englischen Stoffprobe auf Wasch- und Lichtechtheit.
12. Die Untersuchung einer Reihe von Photographiekartons, um die Ursachen der theilweisen Entfärbung der aufgeklebten Photographien zu ermitteln.
13. Ueber die Ursache der Rothfärbung von Photographien beim Ablösen durch Behandlung mit Wasser.
14. Ueber die Uebereinstimmung von 3 Holzschliffpapieren bezüglich der Art des in denselben vorhandenen Holzes.

Neun Volontäre wurden im Etatsjahre 1896/97 in der Papierprüfungsabtheilung ausgebildet; von diesen waren fünf Deutsche, zwei Oesterreicher, einer Schwede und einer Franzose.

Von der durch Abonnements gewährten Preisermäßigung machten zwei Firmen Gebrauch, eine Fabrik und eine Handelsfirma.

d. In der Abtheilung für Oelprüfung

wurden im verflossenen Jahr zu 167 Aufträgen 402 Fette, Oele und verwandte Materialien (gegenüber 117 Aufträgen und 250 Proben im Vorjahr) geprüft. Die Arten der untersuchten Proben vertheilen sich der Zahl nach wie folgt:

335 Mineralschmieröle (einzelne hiervon mit fettem Oel gemischt), 3 Leuchtöle, 50 pflanzliche und thierische Oele und Fette, 7 konsistente Fette, 3 Gemische von fetten Oelen und Harzöl, 1 Vaselinöl (sog. wasserlösliches Vaselinöl), 1 Leinölfirniß, 2 Stempelfarben, 4 Theile zu Oelprüfungsapparaten (3 Thermometer und 1 Flammpunktsprüfer).

An 14 der ausgestellten Prüfungszeugnisse wurden auf Wunsch der Auftraggeber Gutachten (2 an Behörden, 12 an Private) angeschlossen. Die Gutachten dienten in einzelnen Fällen zur Entscheidung von gerichtlichen Prozessen, von Zollfragen, meistens jedoch zur Belehrung des Auftraggebers über die Brauchbarkeit der Probe als Schmiermaterial für verschiedene Verwendungszwecke, über die Feuergefährlichkeit u. s. w.

Von groben Verfälschungen, welche aufgefunden wurden, seien folgende erwähnt: Ein angeblich gekochter Leinölfirniß, welcher aber beim Gebrauch nicht genügend eintrocknete, erwies sich als ungekochtes Leinöl. Ein Spermacetiöl zeigte gänzlich die Eigenschaften eines Meerschweinthranes. 3 Rüböle enthielten 24—30 % Harzöl und 0,55—0,75 % als Schwefelsäureanhydrid berechnete Säure, die zum großen Theil von den in Harzölen enthaltenen Harzsäuren herrührte. Die Mineralschmieröle wurden meistens auf Grund der Abnahmebedingungen der preußischen Staatsbahnen in üblicher Weise geprüft. Vorgekommene Beanstandungen hatten in der Regel ihren Grund in nicht genügendem Kältepunkt.

Zur Ausführung von Zerstäubungsversuchen von Oelen mittelst eines indifferenten komprimirten Gases wurde unter dankenswerther Beihülfe des Herrn Dr. Elkan in dessen Sauerstofffabrik, Berlin N. Tegelerstr. 15 komprimirter Stickstoff hergestellt. In einer eisernen Retorte wurde Luft durch Ueberleiten über glühende Kupferspähne desoxydirt und der im Gasometer aufgefangene Stickstoff nachher komprimirt. Das oxydirte glühende Kupfer wurde durch Ueberleiten von Wasserstoff aus den Vorrathsflaschen

der Elkanschen Fabrik wieder reduzirt und damit zur erneuten Stickstoffgewinnung nutzbar gemacht, so daß mit ein und derselben Kupfermenge beliebig viel Stickstoff erzeugt werden konnte. Der gewonnene Stickstoff enthielt nur 2—4 % Sauerstoff.

Ein sog. wasserlösliches Vaselinöl wurde in 2- und 5prozentigen Mischungen mit Wasser im Vergleich zu Seifenlösungen auf sein Angriffsvermögen gegenüber Stahl und Gußeisen und im Anschluß an diese Versuche auf seine Verwendbarkeit als Schmiermittel für Werkzeugmaschinen (beim Fräsen und Schneiden von Metallen) geprüft. Außerdem wurden Versuche in Rücksicht auf die Verwendbarkeit des Oeles zur Herabsetzung des Gefrierpunktes von Wasser mit und ohne Zusatz von Glycerin angestellt. Ueber die Ergebnisse dieser Untersuchungen ist bereits in den „Mittheilungen" berichtet worden.[1])

Zur Entscheidung einer Zollstreitigkeit über die Reinheit eines Harzöles wurde das zollamtlich vorgeschriebene Verfahren zur Prüfung von Harzöl auf Gegenwart von Mineralöl einer Untersuchung unterworfen. Hierbei zeigte sich, daß entgegen den Angaben des amtlichen Waarenverzeichnisses ein 10—12½ faches Volumen der anzuwendenden Alkohol-Chloroformmischung statt des bisher vorgeschriebenen 10 fachen Volumens als zulässiges Maximalvolumen zur Auflösung reiner Harzöle anzusehen ist.

Von sonstigen analytischen Arbeiten der Abtheilung sind die folgenden zu erwähnen:

Im Anschluß an die Ermittelung des Paraffingehaltes in einem zur Prüfung eingereichten russischen Mineralöl wurden die bisher vorgeschlagenen Methoden zur Bestimmung des Paraffins in Mineralöldestillaten einer vergleichenden Untersuchung unterzogen. Hierbei zeigte sich, daß nur auf den Engler—Böhmschen Vorschlag, das Paraffin in der Kälte aus den ätherischen Lösungen der Oele durch Alkohol auszufällen, ein geeignetes Verfahren gegründet werden konnte. Ueber die Untersuchungen, welche zur Ausbildung dieses Verfahrens ausgeführt wurden, ist bereits berichtet worden.[2]) Hier sei nur bemerkt, daß sich mittelst des Verfahrens auch aus verschiedenen russischen Schmierölen mehrere Zehntel Prozent Hartparaffin, aus einem bei — 20° noch klarflüssigen farblosen Eismaschinenöl 0,3—0,4 % bei 35° schmelzenden Paraffins abschließen ließen.

Weiterhin sind Versuche ausgeführt worden über die Anwendbarkeit der kalten Verseifungsmethode zur Untersuchung von Mischungen aus Mineralölen und fetten Oelen, über die Verharzungsfähigkeit von Mineralölen, die Bestimmung des Wassergehaltes von fetten Oelen und die Verwendbarkeit der Wallerschen salzsäurehaltigen Jodlösung an Stelle der Hüblschen Lösung. Ueber den größten Theil dieser Untersuchungen ist gleichfalls in den „Mittheilungen" 1896 berichtet worden.

B. Chemisch-technische Versuchsanstalt.

Die Thätigkeit der Chemiker wurde durch folgende umfangreiche Arbeiten in Anspruch genommen:

1. Durch Fortsetzung der Versuche über die Bestimmung von Tellur und Selen in metallischem Kupfer.
2. Durch Versuche über die Denaturirung von Baumwollsamenöl.
3. Durch Versuche über die Denaturirung von Rohzucker mittelst Buttersäure und Valeriansäure.

[1]) 1896, S. 234.

[2]) Mittheilungen 1896, S. 211.

4. Durch Versuche über die Bestimmung des Chroms im Stahl.
5. Durch Versuche über die Nachweisung von Paraffin im Ceresin.
6. Durch Versuche über die Verbrennung in komprimirtem Sauerstoff.

Außer diesen Versuchen wurden in dem genannten Etats-Jahre 475 Analysen erledigt. Von diesen entfielen auf Reichsbehörden 88, Staatsbehörden 142, Private 245 und zwar klassifiziren sich dieselben nach Art der Materie wie folgt:

a. Anorganische Materien.

Metalle und Legirungen 117; Mineralien, Erze und Oxyde 40; Ziegelsteine, Sande und Thon 13; Cement, Mörtel, Kalksteine und Gyps 15; Mineralfarben 25; Wasser 21; Laugen, Säuren, Salze und Soolen 10. Summa 241.

Von den 117 Analysen von Metallen und Legirungen entfallen auf Eisen, Stahl und Stahllegirungen 57; Kupfer 9; Zinn 5; Zink 4; Messing 11; Bronze 13; andere Metalle 6; andere Legirungen 12.

b. Organische Materien.

Fette, fette Oele, Mineralöle und Theer 50; Kohlen, Brikets und Koks 97; andere organische Stoffe (Seifen, Leder, Papier) 67. Summa 214.

c. Tinten.

Der Klasse I angehörend 18; der Klasse II angehörend 2. Summa 20.

---

2. Zusammensetzung von eisernen Blechen und Röhren, die sich beim Gebrauch nicht bewährt haben.

Vom Direktor der Königl. chemisch-technischen Versuchsanstalt, Professor Dr. Finkener.

1. Blech aus einem Kessel zum Erwärmen von Wasser. Das Blech zeigt stellenweise ausgefressene Vertiefungen, die häufig von unversehrtem Material umgeben sind.

C 0,05 %	Cu 0,05 %	P 0,069 %	Mn
Si Spur	Ni 0,04 %	S 0,04 %	0,34 %

2. Blech von einem Lokomotiv-Kessel, dasselbe zeigt stellenweise ausgefressene Vertiefungen, wie Nr. 1.

C 0,13 %	Cu 0,16 %	P 0,08 %	Mn
Si Spur.	Ni 0,05 %	S 0,10 %	0,40 %

3. Blech von einem Dampfkessel, der mit nicht saurem Wasser gespeist worden ist und nach 7 Monaten nach dem Einlegen als total durchgefressen außer Betrieb gesetzt werden mußte.

C 0,05 %	Cu 0,22 %	P 0,03 %	Mn
Si 0,01 %	Ni 0,05 %	S 0,05 %	0,32 %

4. Einsatzkessel aus verzinntem Eisenblech, 4 mm stark, im Beckerschen Kochapparat einer Menageküche, ist nach 7 monatlichem Gebrauch mehrfach durchlöchert. Der Kessel befand sich in einem Wasserbade, das durch Dampf geheizt wurde, er war innen und außen verzinnt. Die Zerstörung, nicht durch gasförmigen Sauerstoff, hat von der inneren Seite aus ihren Anfang genommen.

C 0,04 %	Cu —	P 0,133 %	Mn
Si Spur.	Ni —	S 0,07 %	0,42 %

5. Einsatzkessel wie Nr. 4.

C 0,03 %	C —	P 0,07 %	Mn
Si Spur.	Ni —	S 0,04 %	0,46 %

6. Siederöhren aus einem Spreedampfer, sind tief angefressen.

C 0,14 %	Cu 0,27 %	P 0,084 %	Mn
Si 0,08 %	Ni 0,05 %	S 0,01 %	0,23 %

7. Spirale aus einem Vacuumkessel einer Zuckerraffinerie, hat nur 1 Jahr gearbeitet. Die äußere Oberfläche war stark angefressen.

C 0,09 %	Cu 0,14 %	P 0,069 %	Mn
Si 0,07 %	Ni 0,07 %	S 0,01 %	0,16 %

8. Dampfzuleitungsröhren für eine Kochküche, haben bereits seit 1 Jahr zu größeren Reparaturen Veranlassung gegeben. Diese Röhren zeigen auf der inneren Unterseite, wo das Kondenswasser fließt, und auch an der Gewandung ausgefressene Rinnen.

C 0,04 %	Cu 0,04 %	P 0,157 %	Mn
Si 0,11 %	Ni 0,08 %	S 0,01 %	0,06 %

9. Spirale aus einem Vacuumkessel einer Zuckerfabrik, zeigt auf der Außenwandung stellenweise, besonders in der Nähe der Eintrittsstellen des Dampfes, ausgefressene Vertiefungen, die innerhalb 8 Monaten entstanden sind.

C 0,03 %	Cu 0,12 %	P 0,309 %	Mn
Si 0,07 %	Ni 0,05 %	S 0,03 %	0,05 %

10. Messer aus einem Holländer, das 4 mm starke Blech war stellenweise ganz weggefressen.

C 0,03 %	Cu 0,26 %	P 0,10 %	Mn
Si 0,89 %	Ni 0,13 %	S 0,03 %	0,82 %

11. Rohr aus einem Kessel einer Warmwasserheizanlage. Dasselbe war stellenweise vollständig durchfressen.

C 0,31 %	Cu 0,11 %	P 0,052 %	Mn
Si fehlt	Ni 0,05 %	S 0,05 %	0,37 %

12. Rohr aus einer Niederdruck-Dampfheizung. Dasselbe war stellenweise vollständig durchgefressen.

C 0,03 %	Cu 0,07 %	P 0,076 %	Mn
Si fehlt	Ni 0,05 %	S 0,06 %	0,35 %

Neues Siederohr, es hatte sich beim Aetzen mit Schwefelsäure gut erhalten.

Mn 0,09 %

Neues Siederohr aus derselben Fabrik. Es war beim Aetzen mit Schwefelsäure an einzelnen Stellen stark angefressen.

Mn 0,51 %

Unter den 12 Eisensorten, die einen ungewöhnlich geringen Widerstand gegen chemische Einflüsse gezeigt haben, — andere angegriffene Bleche standen mir nicht zur Verfügung — befindet sich keine, die arm an Mangan und arm an Phosphor ist. Mögen nun die beiden Elemente die unmittelbare Ursache der Eigenschaft sein, oder die mittelbare, so wird es doch gerathen sein, daß man in Fällen, in denen Widerstandskraft gegen Sauerstoff und Wasser bei erhöhter Temparatur verlangt wird, ein Eisen wählt, das möglichst wenig Mangan und möglichst wenig Phosphor enthält.

3. Untersuchungen von Kies und Steinschlag zur Beurtheilung ihres Werthes als Stopfmaterial für den Eisenbahnoberbau.

Vom stellvertretenden Direktor und Vorsteher der Abtheilung für Metallprüfung, Professor M. Rudeloff.

Seit dem Jahre 1895 sind in das Arbeitsgebiet der Abtheilung für Metallprüfung der Versuchsanstalt die Untersuchungen von Kies und Steinschlag zur Beurtheilung ihres Werthes als Stopfmaterial für den Eisenbahnoberbau aufgenommen. Die erste Anregung hierzu gaben unmittelbare Aufträge des Vorstandes der Königlichen Eisenbahn-Betriebsinspektion 2 zu Göttingen auf vergleichende Untersuchungen mit zwei Kiessorten und einem Steinschlag in der genannten Richtung. Außerdem sind bisher im Auftrage der Königlichen Eisenbahndirektion Cassel 3 weitere Kiessorten untersucht, sodaß nunmehr die Ergebnisse für 5 Sorten Kies und 1 Sorte Steinschlag vorliegen.

An statistischen Erhebungen darüber, ob und inwieweit die bei den Untersuchungen hervorgetretenen Unterschiede in den Eigenschaften der untersuchten Bettungsmaterialien sich auch bei deren praktischen Verwendung gezeigt haben, fehlt es noch. Daher kann der praktische Werth der in Rede stehenden Untersuchungen zur Zeit leider noch nicht zahlenmäßig dargelegt werden. Dessenungeachtet mögen die von mir ausgearbeiteten, bei den Untersuchungen angewendeten Verfahren und die mit ihnen erzielten Ergebnisse mit ausdrücklicher Genehmigung der Antragsteller schon jetzt der Oeffentlichkeit übergeben sein, um zu weiteren Versuchen besonders auch mit Schottermaterialien für den Straßenbau anzuregen. Es scheint dies um so mehr angebracht, als die Königliche Eisenbahndirektion Cassel als Antragstellerin selbst die Veröffentlichung mit den Bemerken befürwortet:

> „Es steht zu erwarten, daß bei Bekanntwerden dieser Prüfungen auch andere Eisenbahndirektionen die in ihren Bezirken vorkommenden Materialien genauer werden untersuchen lassen, da die Erkenntniß der hohen wirtschaftlichen Bedeutung eines guten Bettungsmaterials für die Erhaltung des Oberbaues der Eisenbahnen, sowie der Betriebsmittel eine stets allgemeinere wird, und sehr erhebliche Geldbeträge hierbei in Frage stehen."

A. Das Probematerial.

Als Material wurden zu den Versuchen folgende Steinsorten eingeliefert:

a) von dem Vorstande der Kgl. Eisenbahnbetriebsinspektion 2 zu Göttingen
   1. „Harzkies" aus dem Oberthal, einem Nebenfluß der Rhume, welche bei Catlenburg in die Rhume mündet, von bläulicher Färbung; gez. A;
   2. „Werrakies" von röthlicher Färbung; gez. B;
   3. Steinschlag aus Cornberger Sandstein; gez. F;

b) von der Kgl. Eisenbahndirektion Cassel:
   4. „Lahnkies", gez. C;
   5. „Weserkies", gez. D;
   6. „Ederkies", gez. E.

Um die Zusammensetzung der Kiese nach der Korngröße der einzelnen Bestandtheile näher zu kennzeichnen, wurde das gesammte Material im Anlieferungszustande zunächst durch

6 Siebe von folgenden Maschenweiten: I = 6 mm, II = 12 mm, III = 19 mm, IV = 25 mm, V = 32 mm und VI = 50 mm durchgesiebt. Die Bestandtheile, welche auf den verschiedenen Sieben liegen blieben, und die durch das feinste Sieb No. I hindurchgegangenen Theile wurden getrennt gesammelt und gewogen. Die hierbei erhaltenen Gewichtsmengen der Bestandtheile verschiedener Korngröße sind aus den in Tab. 1 zusammengestellten Werthen zu ersehen.

Tabelle 1. **Zusammensetzung des Probematerials aus Bestandtheilen verschiedener Korngröße.**

Material		Zusammensetzung aus Bestandtheilen verschiedener Korngröße							
Art	Bezeichnung[1])	Bedeutung der Werthe	durch Sieb mit 6 mm Maschenweite durchgegangen	Rückstände auf den Sieben folgender Maschenweiten in mm						Gesammt-Menge
				6	12	19	25	32	50	
Kies	A	Gewicht in kg	240	395	607	290	335	173	74,5	2114,5
	B		184	975	546	430	460	250	155	2122,5
	C		113	86	241	211	359	274	190	1474,0
	D		129	59	242	255	518	382	44	1629,0
	E		375	355	415	255	351	315	78	2144,0
Steinschlag	F		0,0	0,0	18	27	95	450	778	1368,0
Kies	A	Prozent-Gehalt	11,3	18,7	28,7	13,7	15,8	8,3	3,5	100
	B		8,7	4,6	25,7	20,2	21,7	11,8	7,3	
	C		7,7	5,8	16,4	14,3	24,4	18,6	12,9	
	D		7,9	3,6	14,9	15,7	31,8	23,4	2,7	
	E		17,5	16,6	19,4	11,9	16,4	14,7	3,6	
Steinschlag	F		0,0	0,0	1,3	2,0	6,9	32,9	56,9	

[1]) A Harz-, B Werra-, C Lahn-, D Weser-, E Eder-Kies; F Steinschlag.

B. Gegenstand der Untersuchung und die Versuchsausführung.

Die Untersuchungen erstreckten sich nach dem Antrage unter Nachahmung der Betriebsverhältnisse auf die Ermittelung des Verhaltens der Probematerialien

1. gegen Schlag beim Schlagen mit der Stopfhacke,
2. gegen Abschleifen und Zertrümmern unter den schwingenden Bewegungen der Schwellen beim Ueberfahren der Züge,
3. gegen Druck durch die Belastung der Fahrzeuge und
4. gegen Witterungseinflüsse und Frost.

Anfänglich war beabsichtigt, die Untersuchungen mit dem Kies in seiner ursprünglichen Zusammensetzung anzustellen und hierzu die durch Absieben getrennten Bestandtheile verschiedener Größe für die einzelnen Probensätze wieder nach dem ursprünglichen Gewichtsverhältniß zu mischen. Dies Verfahren erwies sich jedoch gleich beim Beginn der Untersuchung als nicht zweckmäßig, weil hierbei das Versuchsergebniß durch die zufällige Lagerung der verschieden großen Theile zu einander beeinflußt wurde. So war z. B. bei dem ersten Versuch zu ersehen, daß die Zertrümmerung des gemischten Materials bei den Schlagversuchen mit der Stopfhacke geringer ausfallen mußte, wenn die Schläge einen oben liegenden großen Stein so trafen, daß dieser Stein nicht fortgeschoben wurde, als wenn nur kleine Steine von dem schlagenden Werkzeug getroffen, zertrümmert und bei Seite geschoben wurden, so daß der nächste Schlag wieder andere Steine traf. Aus diesem Grunde wurden die durch Sieben getrennten

Bestandtheile verschiedener Korngröße den Versuchen sämmtlich gesondert unterzogen, was um so mehr zulässig sein mußte, als es nur auf den Vergleich der verschiedenen Probematerialien ankam. Die angewendeten Verfahren waren die folgenden.

1. Schlagversuche mit der Stopfhacke.

Zu jedem Versuch wurde eine abgewogene Probemenge von etwa 5,6 kg in einem starkwandigen hölzernen Kasten unter ein mechanisch betriebenes Fallwerk, Bauart A. Martens, (s. Mittheilungen aus den Kgl. Technischen Versuchsanstalten 1893, S. 177) gebracht und eine bestimmte Zahl von Schlägen auf das Material ausgeübt. Der eiserne Schlagkolben des Fallwerkes wurde durch eine lose geführte hölzerne Stange ersetzt, die am unteren Ende nach Maßgabe von Fig. 1 mit Eisen beschlagen war, so daß sie in eine der Stopfhacke nachgebildete, stumpfe Schneide auslief.

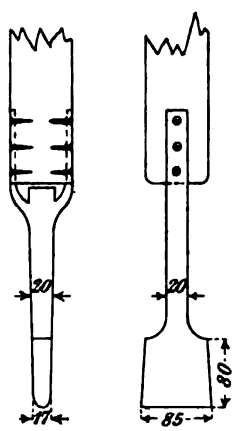


Fig. 1.

Um dem Kies beim Aufschlagen dieser Schneide die Möglichkeit zu lassen, wie in Wirklichkeit beim Unterstopfen der Schwellen mittelst Hacke, seitlich auszuweichen und um zugleich durch Bewegung der Masse nach jedem Schlage möglichst neue Theile des Materials unter die Treffstelle der Schneide zu bringen, wurden zwei gegenüber liegende Seiten des Kastens (Fig. 2) nach außen beweglich angeordnet und nur durch starke Federn zusammen gehalten, die außerhalb des Kastens zwischen den eisernen Stangen s angebracht waren. Da zwei

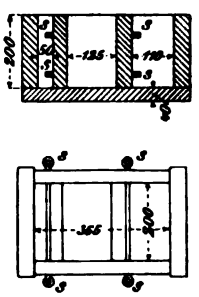


Fig. 2.

Maschinen zur Verfügung standen, so wurden immer zwei Versuche gleichzeitig und zwar auf beiden Maschinen mit demselben Material angestellt, um nicht die zu vergleichenden Mittelwerthe für die verschiedenen Kiessorten durch etwaige Verschiedenheiten in dem Wirkungsgrad der Maschinen beeinflußt zu haben. Die Gewichte der beiden Fallbären betrugen 9,58 und 9,54 kg.

Nach 100, 300, 600 und 800 Schlägen gleicher Arbeit, d. h. nach Ausübung von 207, 621, 1242 und 1656 mkg Schlagarbeit wurden die Kästen jedesmal entleert, der Kies wurde wieder durch die ursprünglich benutzten Siebe gesiebt, die nun vorhandenen Gewichtsmengen der verschiedenen Korngrößen von neuem festgestellt und dann die ganze Masse nach gehörigem Durchmischen zur Fortsetzung der Versuchsreihe bis zur nächsten Schlagzahl wieder in den Kasten zurückgeschüttet. Die erhaltenen Ergebnisse sind in Tab. 2 (s. Seite 286) zusammengestellt.

2. Prüfung auf Abschleifen und Zertrümmern durch wiederholte stoßweise Druckbelastung.

Zur Ausführung dieser Versuche, bei denen die schwingenden Bewegungen der vom Zuge überfahrenen Schwellen nachgeahmt werden sollten, diente die gleiche Vorrichtung wie eben beschrieben; nur war der Beschlag der als Fallbär dienenden Stange unten eben

gehalten (s. Fig. 3) und der in den Kasten eingefüllte Kies wurde mit einem starken eisenbeschlagenen Holzdeckel (Fig. 4) bedeckt, damit die Kiestheile beim Aufschlagen des Bären nur gegen einander und gegen Holz sich rieben. Ferner mußten die beiden von Federn gehaltenen Kastenwände bei diesen Versuchen festgekeilt werden, weil der Holzdeckel sich sonst schief stellte, womit Unsicherheiten in der Wirkung der Schläge verbunden waren.

Die Bärgewichte wurden auf 15,09 und 15,62 kg gebracht. Das wiederholte Durchsieben der Kiesproben zur Feststellung der stattgehabten Zertrümmerung erfolgte nach 500, 1000 und 1500 Schlägen, d. h. nach den Gesammtschlagarbeiten von 1585, 3170 und 4755 mkg. Die erhaltenen Versuchsergebnisse sind in Tab. 7 (s. S. 300) zusammengestellt.

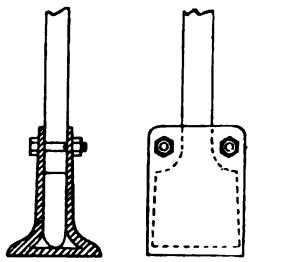


Fig. 3.

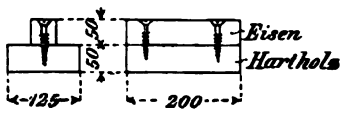


Fig. 4.

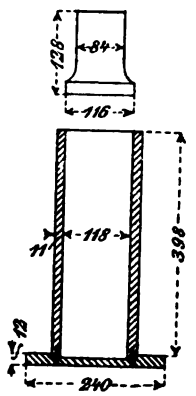


Fig. 5.

3. Prüfung durch stetig wachsenden Druck.

Diese Versuche dienten zur Prüfung der Widerstandsfähigkeit des Kieses sowie des Steinschlages gegen den Schwellendruck und zugleich zur Ermittelung des Verhaltens gegen Nässe und Frost. Sie wurden daher

a) mit trockenem Material,
b) mit Material, das mindestens 2 Stunden in Wasser gelegen hatte,
c) mit gefrorenem Material,
d) mit nassem Material, welches nach wiederholtem Gefrieren im nassen Zustande wieder aufgethaut war,

angestellt.

Zu ihrer Ausführung wurde ein starkwandiges eisernes Rohr (s. Fig. 5) benutzt, welches am unteren Ende durch die Platte P abgeschlossen war. Das Probematerial von bestimmter Korngröße wurde in dieses Rohr eingerüttelt und dann mit Hülfe eines Stempels belastet, indem das Ganze als Druckprobe in die 100 t Pohlmeyer-Maschine gebracht wurde.

Nach 20000 und 40000 kg Belastung wurde entlastet und die stattgehabte Zertrümmerung wieder durch erneutes Durchsieben der Füllung festgestellt.

Die Auffüllhöhe des Materials im eingerüttelten Zustande betrug bei den ersten Versuchsreihen mit dem Harz- und Werrakies 350 mm. Die hierbei erzielten Ergebnisse, welche in Tab. 12 (s. Seite 308) enthalten sind, zeigen starke Unregelmäßigkeiten im Verhalten beider Kiessorten. Die Ursache hierfür glaubte ich darin suchen zu sollen, daß das Probematerial bei der gewählten großen Auffüllhöhe nur im oberen Theil zertrümmert, gegen die Wandungen des Rohres gedrückt wurde und an diesen verschieden starken Reibungswiderstand

erfuhr, so daß der Druck und somit auch die Zertrümmerung sich nicht bei allen Versuchen gleich weit fortpflanzte. Zur Anstellung eingehender Versuche über diesen Einfluß verschiedener Auffüllhöhen fehlte es an Zeit. Deshalb wurden die Versuche zunächst nur noch mit einer zweiten Auffüllhöhe von 100 mm wiederholt, nachdem festgestellt war, daß bei dieser Höhe die Zertrümmerung des Materials sich über die ganze Füllung des Rohres erstreckte. Die Ergebnisse dieser zweiten Versuchsreihe sind in Tab. 13, (Seite 310) zusammengestellt.

Zum Ausfrieren wurden die Kiesproben zunächst 24 Stunden in Wasser gelegt und dann in einen Kühlschrank gebracht, der durch eine Lindesche Eismaschine gekühlt wurde. Nach 4stündigem Gefrieren wurden die Proben 2 Stunden bei Zimmerwärme wieder aufgethaut, in den Kühlschrank zurückgestellt und bis zum nächsten Morgen in dem Schrank belassen. Am nächsten Tage wurde das gleiche Gefrierverfahren wiederholt und am dritten Morgen wurden die Proben sofort, nachdem sie aus dem Kühlschrank herausgenommen waren, auf Druckfestigkeit im gefrorenen Zustande geprüft. Der Kältezustand im Kühlschrank schwankte bei diesen Versuchen zwischen — 15 und — 20 C°.

Zur Prüfung im nassen Zustande, nach voraufgegangenem mehrmaligem Gefrieren, wurden die Proben ebenfalls zunächst 2 Tage lang wechselweise ausgefroren und wieder aufthauen lassen und dann am dritten Tage vor der Prüfung 3 — 4 Stunden im Zimmer aufgestellt.

C. Versuchsergebnisse.

a. Der ursprüngliche Zustand des Materials.

Die ursprünglichen Mengenverhältnisse der Steine verschiedener Korngröße in den sechs untersuchten Materialsorten sind durch die in Tab. 1 zusammengestellten und zur besseren Uebersicht in Fig. 6 zu Schaulinien aufgetragenen Werthe für die bei den Siebversuchen ermittelten Gewichtsverhältnisse gekennzeichnet. [1])

Aus dem Verlauf dieser Linien ergiebt sich,

1. daß der Unterschied im Gehalt an Steinen verschiedener Korngröße bei dem Kies E (Ederkies) am kleinsten ist. Er schwankt für die 5 Korngrößen von über 6—32 mm zwischen 12 und 19% und nur für die Steine von über 50 mm geht der Gehalt auf etwa 4% herunter;
2. daß bei den Kiessorten A (Harz) und B (Werra) die Steine von 12 mm Korngröße und bei den Kiessorten C (Lahn) und D (Weser) diejenigen mit 25 mm Korngröße überwiegen und
3. daß bei dem Steinschlag F die verschiedenen Prozentgehalte mit wachsender Korngröße abweichend von den Kiesen stetig zunehmen.

b. Die Beurtheilungswerthe der Widerstandsfähigkeit des Materials gegen Schlag und Druck.

Als Maß für die Widerstandsfähigkeit des Probematerials gegen Schlag und auch gegen Druck dient bei allen drei angewendeten Versuchsarten die stattgehabte Veränderung der ursprüng-

[1]) In Fig. 6 ist der Gehalt an Bestandtheilen, die durch das Sieb I von 6 mm Maschenweite hindurchgegangen sind, mit der Korngröße 0 aufgetragen. Die einzelnen Linien sind verschiedenartig ausgeführt und über der Figur sind die zugehören Zeichen A — F der verschiedenen Materialien, wie sie auf Seite 279 angegeben sind, niedergeschrieben. Der Kürze wegen sind auch im Folgenden stets diese Zeichen an Stelle der Benennungen benutzt.

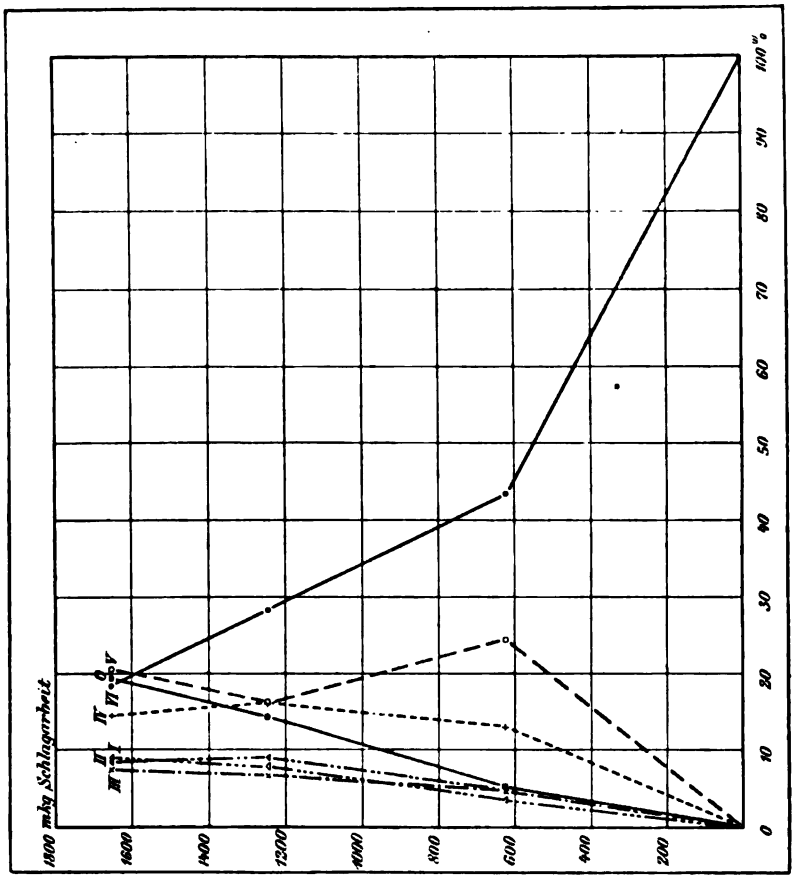


Fig. 7. Verlauf der Zertrümmerung des Kieſes B von der urſprünglichen Korngröße VI beim Schlagen mit der Stopfhacke. Nach Tabelle 2.

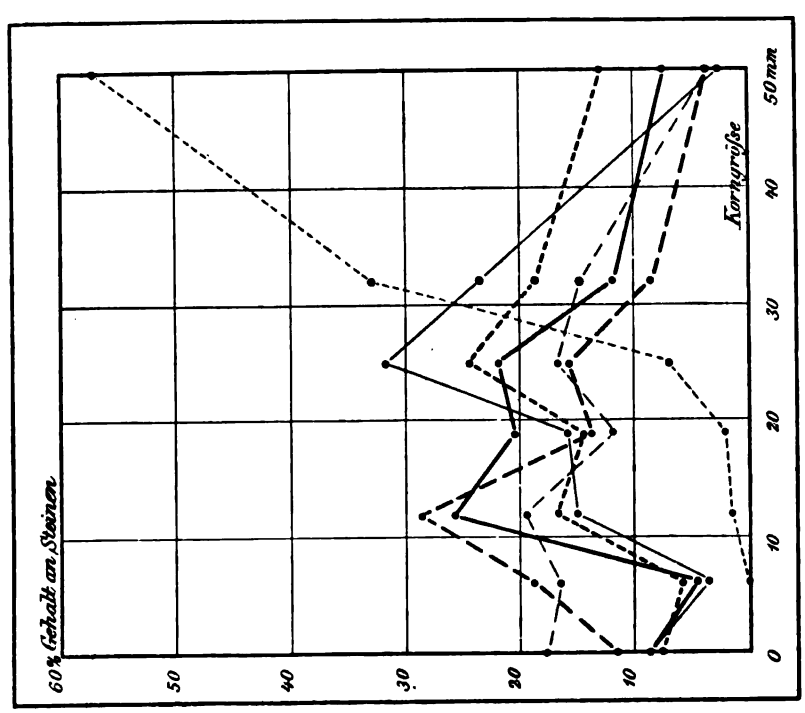


Fig. 6. Urſprüngliche Zuſammenſetzung der Proben von Steinen verſchiedener Korngrößen.

Kiesſorte: A = ———, B = — — —, C = — — — —, D = — — — —, E = — — —, Steinſchlag F = — — — —.

lichen Korngröße und zwar ist das Material als um so weniger widerstandsfähig anzusehen, je mehr die Korngröße bei gleicher Inanspruchnahme des Materials verändert wurde.

Da nun bei allen Versuchsreihen immer nur Material von einer Korngröße verwendet wurde, so kommt bei deren Veränderung in Betracht, erstens die Abnahme des Gehaltes an Material der ursprünglichen Korngröße und zweitens die Zunahme des Gehaltes an Material der verschiedenen kleineren, durch die gewählten Siebfeinheiten festgelegten, Korngrößen, so z. B. bei dem Material der Korngröße III [1]) die Abnahme der Menge III und die Zunahme der Mengen II, I und 0. Ein regelmäßiger Verlauf wird nur für die Abnahme des Gehaltes an gröbstem und für die Zunahme des Gehaltes an feinstem Material zu erwarten sein. Der Gehalt an den dazwischen liegenden Korngrößen wird schwanken, je nachdem die einzelnen Steine mehr oder weniger zufällig bis auf die eine oder die andere der kleineren Korngrößen zertrümmert wurden. Es zeigt sich dies deutlich an dem Schaubilde Fig. 7, welches den Verlauf eines Schlagversuches mit Werra-Kies B von der ursprünglichen Korngröße VI darstellt. Regelmäßig verlaufen die Abnahme für VI und die Zunahme für 0, I und III, dagegen ergiebt sich für den Gehalt an Material mit der Korngröße V nach 621 mkg Schlagarbeit eine Zunahme von 0 auf 24,4%, nach 1242 mkg Schlagarbeit beträgt der Gehalt dagegen nur noch 16,4% und nach 1656 mkg ist er wieder auf 20,6% gestiegen. Aehnlich liegen die Verhältnisse für das Material mit der Korngröße IV. Die Erklärung für diese Unregelmäßigkeiten ist ohne Weiteres in Folgendem gegeben.

Innerhalb der ersten Arbeitsstufe mit 621 mkg Schlagleistung wurde ein Theil des Materials der Größe VI auf die Größe V gebracht; innerhalb der zweiten Arbeitsstufe fand zwar eine weitere Zerkleinerung des Materials VI statt, zugleich aber auch des Materials V und zwar war letztere größer als erstere, sodaß der Gehalt der Probe an Material von beiden Korngrößen abnahm. Innerhalb der dritten Arbeitsstufe (bis zu 1656 mkg Schlagarbeit) überwog dagegen die Zerkleinerung des Materials VI auf die Korngröße V, sodaß der Gehalt an der letzteren wieder wuchs.

In ähnlicher Weise verlief auch die Zertrümmerung des Materials bei fast allen anderen Versuchsreihen. Da nun diese Unregelmäßigkeiten von Zufälligkeiten abhängen, während die Abnahme im Gehalt der Probe an Material der ursprünglichen Korngröße nach ihrem Verlauf in einem ausgeprägt gesetzmäßigen Zusammenhang mit der Größe der stattgehabten Inanspruchnahme steht, so ist im Nachstehenden bei Besprechung der Ergebnisse die Widerstandsfähigkeit der untersuchten Materialien gegen Zertrümmerung in der Hauptsache nach der Abnahme des Gehaltes an Steinen der ursprünglichen Korngröße erfolgt. Daneben ist nur noch die Zunahme des Gehaltes an Material von der Korngröße 0 (unter 6 mm) in Rücksicht gezogen, während in den tabellarischen Zusammenstellungen der Ergebnisse auch alle übrigen Beobachtungswerthe mit aufgeführt sind.

c. Ergebniß der Prüfung auf Widerstandsfähigkeit gegen Schläge mit der Stopfhacke.

Mit jedem der sechs Materialien verschiedener Korngröße oder Siebfeinheit I—VI sämmtlicher 5 Kiessorten und mit den 4 Korngrößen III—VI des Steinschlages sind zwei Versuchsreihen ausgeführt. Die Zusammenstellung der erhaltenen Versuchsergebnisse in Tab. 2 erfolgte derart,

[1]) Um eine leichte übersichtliche Bezeichnung für die verschiedenen Korngrößen zu haben, sind für die sechs in Tab. 1 angegebenen Maschenweiten von 6 — 50 mm. im Folgenden stets die Bezeichnungen I—VI eingeführt und die Korngröße des durch das feinste Sieb hindurchgegangenen Materials, wie schon unter Absatz Ca erwähnt, mit 0 bezeichnet.

Tabelle 2. **Ergebniſſe der Prüfung von 5 Sorten Kies A—E und 1 Sorte**

Material		Kies A					Kies B				
		Gehalt der Probe an Steinen									
Urſprüngliche Siebfeinheit (Korngröße) des geſammten Probematerials	Probe Nr.	von der Siebfeinheit	nach der Prüfung mit der Geſammtſchlagarbeit in mkg				von der Siebfeinheit	nach der Prüfung mit der Geſammtſchlagarbeit in mkg			
			207	621	1242	1656		207	621	1242	1656
I	1	I	94,8	87,5	78,1	73,2	I	88,5	75,6	62,8	56,4
	2		94,3	86,0	75,4	67,0		87,8	79,0	66,2	58,2
	Mittel		**94,6**	**86,8**	**76,8**	**70,1**		**88,2**	**77,3**	**64,5**	**57,3**
	1	0	5,2	12,1	20,8	25,0	0	11,7	23,8	35,8	41,6
	2		5,7	13,0	23,3	31,6		11,8	20,3	32,3	39,7
	Mittel		**5,5**	**12,6**	**22,1**	**28,3**		**11,8**	**22,1**	**34,1**	**40,7**
II	3	II	89,9	76,5	59,0	52,0	II	86,6	68,0	47,0	38,5
	4		91,5	80,0	62,5	52,2		88,3	72,0	54,9	46,3
	Mittel		**90,7**	**78,3**	**60,8**	**52,1**		**87,5**	**70,0**	**51,0**	**42,4**
	3	I	7,1	16,1	27,0	30,0	I	8,1	16,9	24,8	26,8
	4		6,5	13,6	24,3	30,6		6,6	14,7	22,2	24,6
	Mittel		**6,8**	**14,9**	**25,7**	**30,3**		**7,4**	**15,8**	**23,5**	**25,7**
	3	0	2,7	7,0	13,2	17,0	0	3,5	14,4	27,0	33,3
	4		2,2	6,2	12,8	16,1		5,2	13,4	22,2	27,4
	Mittel		**2,5**	**6,6**	**13,0**	**16,6**		**4,4**	**13,9**	**24,6**	**30,4**
III	5	III	78,5	58,3	44,0	36,4	III	67,0	43,9	27,1	21,5
	6		81,3	66,0	48,7	39,2		74,0	54,8	31,2	26,8
	Mittel		**79,9**	**62,2**	**46,4**	**37,8**		**70,5**	**49,4**	**29,2**	**24,2**
	5	II	15,1	24,9	28,3	30,3	II	21,2	29,0	29,4	28,2
	6		13,3	20,3	26,3	29,5		15,6	23,4	29,2	24,9
	Mittel		**14,2**	**22,1**	**27,3**	**29,9**		**18,4**	**26,2**	**29,3**	**26,6**
	5	I	3,4	8,7	13,3	15,1	I	5,9	12,5	19,4	19,7
	6		3,0	7,2	12,6	15,0		5,3	11,0	17,5	19,7
	Mittel		**3,2**	**8,0**	**13,0**	**15,1**		**5,6**	**11,8**	**18,5**	**19,7**
	5	0	2,9	7,8	13,2	16,6	0	6,1	13,6	23,1	29,6
	6		2,0	5,5	11,0	14,1		5,1	11,6	22,1	27,9
	Mittel		**2,5**	**6,7**	**12,1**	**15,4**		**5,6**	**12,6**	**22,6**	**28,7**
IV	7	IV	75,3	57,4	44,3	—	IV	73,5	52,0	30,0	—
	8		78,6	60,0	41,0	—		73,6	30,2	30,2	—
	Mittel		**77,0**	**58,7**	**42,7**	—		**73,6**	**41,1**	**30,1**	—
	7	III	14,3	16,9	19,7	—	III	12,6	15,0	14,5	—
	8		12,1	22,0	29,4	—		12,2	15,1	14,9	—
	Mittel		**13,2**	**19,5**	**24,6**	—		**12,4**	**15,1**	**14,7**	—
	7	II	5,7	9,2	13,3	—	II	6,4	11,4	17,0	—
	8		4,4	7,8	11,3	—		6,6	13,3	18,7	—
	Mittel		**5,1**	**8,5**	**12,3**	—		**6,5**	**12,4**	**17,9**	—
	7	I	2,2	6,1	9,0	—	I	2,8	7,7	13,4	—
	8		2,4	5,1	8,5	—		3,4	8,7	13,5	—
	Mittel		**2,3**	**5,6**	**8,8**	—		**3,1**	**8,2**	**13,5**	—
	7	0	2,5	7,4	12,4	—	0	4,9	13,2	24,5	—
	8		2,1	4,4	9,5	—		4,1	12,2	21,2	—
	Mittel		**2,3**	**5,9**	**10,0**	—		**4,5**	**12,7**	**22,9**	—

Steinſchlag F auf Widerſtandsfähigkeit gegen Schlagen mit der Stopfhacke.

Material		Kies A					Kies B				
		Gehalt der Probe an Steinen									
Urſprüngliche Siebfeinheit (Korngröße) des geſammten Probematerials	Probe Nr.	von der Siebfeinheit	nach der Prüfung mit der Geſammtſchlagarbeit in mkg				von der Siebfeinheit	nach der Prüfung mit der Geſammtſchlagarbeit in mkg			
			207	621	1242	1656		207	621	1242	1656
V	9	V	69,8	67,3	50,2	31,0	V	67,3	56,2	42,0	32,2
	10		69,4	61,0	53,3	39,0		70,0	39,1	30,2	20,0
	Mittel		**69,6**	**64,2**	**51,8**	**35,0**		**68,7**	**47,7**	**36,1**	**26,1**
	9	IV	24,9	19,4	32,4	42,5	IV	18,9	19,5	17,6	20,6
	10		24,7	26,8	26,8	37,7		15,7	26,5	18,2	21,1
	Mittel		**24,8**	**23,1**	**29,6**	**40,1**		**17,3**	**23,0**	**17,9**	**20,9**
	9	III	2,2	5,7	5,4	9,9	III	2,7	3,6	6,8	8,0
	10		2,6	4,8	7,1	7,8		3,4	8,5	11,4	10,5
	Mittel		**2,4**	**5,3**	**6,3**	**8,9**		**3,1**	**6,1**	**9,1**	**9,3**
	9	II	1,2	2,7	3,7	5,5	II	3,2	5,3	8,3	8,9
	10		1,5	2,2	4,6	5,2		3,2	7,2	11,0	12,3
	Mittel		**1,4**	**2,5**	**4,2**	**5,4**		**3,2**	**6,3**	**9,7**	**10,6**
	9	I	1,0	2,5	3,5	4,9	I	2,7	3,4	5,9	6,8
	10		0,7	2,2	3,3	3,7		2,5	6,9	8,8	9,9
	Mittel		**0,9**	**2,4**	**3,4**	**4,3**		**2,6**	**5,2**	**7,4**	**8,4**
	9	0	1,0	2,5	4,4	6,4	0	5,5	10,2	17,8	21,2
	10		0,7	2,2	3,2	3,7		2,9	10,8	18,7	23,6
	Mittel		**0,9**	**2,4**	**3,8**	**5,1**		**4,2**	**10,5**	**18,3**	**22,4**
VI	11	VI	87,9	74,2	64,4	64,4	VI	—	33,8	24,4	8,5
	12		—	19,3	18,5	10,2		—	53,2	32,2	28,2
	Mittel		**(87,9)**	**46,8**	**41,5**	**37,3**		—	**43,5**	**28,3**	**18,4**
	11	V	9,5	17,4	24,8	22,4	V	—	38,9	22,7	28,9
	12		—	59,6	42,8	45,4		—	9,8	10,0	12,3
	Mittel		**(9,5)**	**38,5**	**33,8**	**33,9**		—	**24,4**	**16,4**	**20,6**
	11	IV	1,5	5,7	7,2	7,0	IV	—	8,7	12,2	12,7
	12		—	10,4	19,3	20,0		—	17,3	20,2	16,3
	Mittel		**(1,5)**	**8,1**	**13,3**	**13,5**		—	**13,0**	**16,2**	**14,5**
	11	III	—	0,4	—	2,1	III	—	5,8	7,1	7,6
	12		—	2,4	3,7	4,6		—	3,8	6,7	7,3
	Mittel		—	**1,4**	**(3,7)**	**3,4**		—	**4,8**	**6,9**	**7,5**
	11	II	0,9	0,6	0,9	0,9	II	—	4,4	10,5	10,5
	12		—	3,3	4,4	5,2		—	5,2	7,5	6,5
	Mittel		**(0,9)**	**2,0**	**2,7**	**3,1**		—	**4,8**	**9,0**	**8,5**
	11	I	—	0,6	0,9	1,1	I	—	2,9	8,0	9,4
	12		—	2,8	4,4	5,2		—	4,2	7,7	8,5
	Mittel		—	**1,7**	**2,7**	**3,2**		—	**3,6**	**7,9**	**9,0**
	11	0	—	0,6	0,9	1,1	0	—	4,2	13,8	20,4
	12		—	2,2	5,4	7,8		—	6,1	14,8	18,2
	Mittel		—	**1,4**	**3,2**	**4,5**		—	**5,2**	**14,3**	**19,3**

Tabelle 2

Material		Kies C					Kies D				
		Gehalt der Probe an Steinen									
Ursprüngliche Siebfeinheit (Korngröße) des gesammten Probematerials	Probe Nr.	von der Siebfeinheit	nach der Prüfung mit der Gesammtschlagarbeit in mkg				von der Siebfeinheit	nach der Prüfung mit der Gesammtschlagarbeit in mkg			
			207	621	1242	1656		207	621	1242	1656
I	1	I	93,5	83,5	73,0	69,1	I	95,5	87,1	77,1	73,1
	2		93,0	83,1	74,6	69,0		95,5	87,1	78,6	74,2
	Mittel		**93,3**	**83,3**	**73,8**	**69,1**		**95,5**	**87,1**	**77,9**	**73,7**
	1	0	6,6	16,3	26,3	29,9	0	4,5	12,9	22,6	26,5
	2		7,0	16,6	24,6	29,9		4,5	12,9	21,2	25,3
	Mittel		**6,8**	**16,5**	**25,5**	**29,9**		**4,5**	**12,9**	**21,9**	**25,9**
II	3	II	88,9	76,0	57,2	43,5	II	92,8	79,3	65,9	56,5
	4		90,8	75,3	58,5	47,5		91,5	78,5	65,3	56,8
	Mittel		**89,9**	**75,7**	**57,9**	**45,5**		**92,2**	**78,9**	**65,6**	**56,7**
	3	I	8,0	14,2	24,4	32,5	I	4,5	13,7	21,1	27,6
	4		6,2	14,4	24,6	31,0		6,0	13,2	20,4	26,3
	Mittel		**7,1**	**14,3**	**24,5**	**31,8**		**5,3**	**13,5**	**20,8**	**27,0**
	3	0	3,2	9,9	18,5	23,3	0	2,8	7,1	12,9	15,5
	4		3,0	10,3	16,6	20,8		2,5	8,4	14,4	17,0
	Mittel		**3,1**	**10,1**	**17,6**	**22,1**		**2,7**	**7,8**	**13,7**	**16,3**
III	5	III	84,6	63,8	48,2	34,6	III	87,6	69,5	50,5	37,0
	6		87,7	74,0	60,2	44,6		88,6	73,8	57,1	46,0
	Mittel		**86,2**	**68,9**	**54,2**	**39,6**		**88,1**	**71,7**	**53,8**	**41,5**
	5	II	9,7	19,6	24,8	31,1	II	5,8	14,1	22,3	28,4
	6		7,9	14,4	20,6	29,4		6,7	12,9	21,2	27,5
	Mittel		**8,8**	**17,0**	**22,7**	**30,3**		**6,3**	**13,5**	**21,8**	**28,0**
	5	I	3,3	8,6	12,6	16,2	I	3,5	7,8	12,5	15,1
	6		2,4	6,4	10,2	13,3		2,3	6,4	10,1	11,9
	Mittel		**2,9**	**7,5**	**11,4**	**14,8**		**2,9**	**7,1**	**11,3**	**13,5**
	5	0	2,4	7,5	13,8	17,6	0	3,2	8,6	13,8	18,3
	6		2,1	5,1	9,1	12,6		2,3	7,4	11,6	13,7
	Mittel		**2,3**	**6,3**	**11,5**	**15,1**		**2,8**	**8,0**	**12,7**	**16,0**
IV	7	IV	87,1	71,1	49,5	41,5	IV	92,9	77,3	64,0	48,1
	8		89,7	72,8	53,9	36,0		94,0	79,4	68,4	52,3
	Mittel		**88,4**	**72,0**	**51,7**	**38,8**		**93,5**	**78,4**	**66,2**	**50,2**
	7	III	7,5	14,5	28,9	21,6	III	4 3	11,1	14,1	22,6
	8		5,2	11,8	18,2	26,2		2,4	8,3	9,8	20,4
	Mittel		**6,4**	**13,2**	**23,6**	**23,9**		**3,4**	**9,7**	**12,0**	**21,5**
	7	II	2,9	7,1	3,7	14,3	II	1,4	4,3	7,3	10,2
	8		2,4	7,7	10,2	14,8		1,4	4,4	8,1	10,2
	Mittel		**2,7**	**7,4**	**7,0**	**14,6**		**1,4**	**4,4**	**7,7**	**10,2**
	7	I	1,2	3,5	8,0	10,0	I	0,9	3,6	6,6	8,5
	8		1,4	3,6	7,9	10,4		1,2	3,8	5,7	6,8
	Mittel		**1,3**	**3,6**	**8,0**	**10,2**		**1,1**	**3,7**	**6,2**	**7,7**
	7	0	1,2	3,5	9,2	12,0	0	0,7	3,9	8,2	10,8
	8		1,4	4,1	9,9	12,7		1,1	4,4	7,8	10,1
	Mittel		**1,3**	**3,8**	**9,6**	**12,4**		**0,9**	**4,2**	**8,0**	**10,5**

(Fortsetzung).

Material		Kies C					Kies D				
		Gehalt der Probe an Steinen									
Ursprüngliche Siebfeinheit (Korngröße) des gesammten Probematerials	Probe Nr.	von der Siebfeinheit	nach der Prüfung mit der Gesammtschlagarbeit in mkg				von der Siebfeinheit	nach der Prüfung mit der Gesammtschlagarbeit in mkg			
			207	621	1242	1656		207	621	1242	1656
V	9	V	89,3	71,9	48,5	37,6	V	83,8	64,4	47,6	44,0
	10		93,6	84,0	74,0	56,8		89,4	72,9	59,6	38,5
	Mittel		**91,5**	**78,0**	**61,3**	**47,2**		**86,6**	**68,7**	**53,6**	**41,3**
	9	IV	8,8	13,6	24,5	29,7	IV	7,8	13,9	23,2	22,7
	10		4,4	9,3	14,4	24,2		4,5	13,9	22,7	34,0
	Mittel		**6,6**	**11,5**	**19,5**	**27,0**		**6,2**	**13,9**	**23,0**	**28,4**
	9	III	0,6	5,3	7,2	7,5	III	2,6	7,5	8,0	8,6
	10		0,0	3,1	3,6	5,3		2,4	4,2	4,8	8,2
	Mittel		**0,3**	**4,2**	**5,4**	**6,4**		**2,5**	**5,9**	**6,4**	**8,4**
	9	II	0,6	3,5	7,3	9,3	II	2,6	4,8	6,9	7,5
	10		1,1	1,4	3,9	6,6		1,4	3,6	4,8	7,1
	Mittel		**0,9**	**2,5**	**5,6**	**8,0**		**2,0**	**4,2**	**5,9**	**7,3**
	9	I	0,0	2,4	5,6	6,7	I	1,7	4,4	5,7	6,8
	10		0,3	0,9	2,2	3,5		0,9	2,7	3,6	5,4
	Mittel		**0,2**	**1,7**	**3,9**	**5,1**		**1,3**	**3,6**	**4,7**	**6,1**
	9	0	0,8	3,4	6,9	9,0	0	1,7	5,1	8,3	10,1
	10		0,5	1,3	1,9	3,6		1,2	2,7	3,8	5,9
	Mittel		**0,7**	**2,4**	**4,4**	**6,3**		**1,5**	**3,9**	**6,1**	**8,0**
VI	11	VI	93,4	89,3	66,3	43,2	VI	79,4	65,9	45,5	34,8
	12		95,3	79,4	54,5	34,8		82,6	56,5	33,3	15,3
	Mittel		**94,4**	**84,4**	**60,4**	**39,0**		**81,0**	**61,2**	**39,4**	**25,1**
	11	V	6,5	8,1	21,8	36,6	V	9,5	17,5	17,8	28,6
	12		3,5	18,1	25,6	39,4		9,9	15,4	23,2	32,6
	Mittel		**5,0**	**13,1**	**23,7**	**38,0**		**9,7**	**16,5**	**20,5**	**30,6**
	11	IV	0,0	0,8	4,7	9,8	IV	7,4	8,3	16,0	13,1
	12		0,0	0,0	8,9	12,4		3,6	13,0	21,0	21,5
	Mittel		**0,0**	**0,4**	**6,8**	**11,1**		**5,5**	**10,7**	**18,5**	**17,3**
	11	III	0,0	0,9	2,5	3,6	III	1,5	2,7	6,2	5,4
	12		0,0	0,0	0,8	3,0		0,9	3,5	6,6	9,9
	Mittel		**0,0**	**0,5**	**1,7**	**3,3**		**1,2**	**3,1**	**6,4**	**7,7**
	11	II	0,0	0,3	1,5	3,1	II	1,1	2,3	4,8	5,4
	12		0,0	1,1	5,1	3,8		1,0	4,2	5,4	6,9
	Mittel		**0,0**	**0,7**	**3,3**	**3,5**		**1,1**	**3,3**	**5,1**	**6,2**
	11	I	0,0	0,3	1,4	2,1	I	0,6	1,8	4,5	5,3
	12		0,0	0,6	2,9	2,3		1,0	3,5	4,7	5,2
	Mittel		**0,0**	**0,5**	**2,2**	**2,7**		**0,8**	**2,7**	**4,6**	**5,3**
	11	0	0,3	0,4	2,0	1,5	0	0,8	1,7	5,3	7,1
	12		1,1	0,6	2,1	2,7		1,0	3,6	5,4	8,0
	Mittel		**0,7**	**0,5**	**2,1**	**2,1**		**0,9**	**2,7**	**5,4**	**7,6**

Tabelle 2

Material		Kies E					Steinschlag F				
		Gehalt der Probe an Steinen									
Ursprüngliche Siebfeinheit (Korngröße) des gesammten Probematerials	Probe-Nr.	von der Siebfeinheit	nach der Prüfung mit der Gesammtschlagarbeit in mkg				von der Siebfeinheit	nach der Prüfung mit der Gesammtschlagarbeit in mkg			
			207	621	1242	1656		207	621	1242	1656
I	1	I	95,7	88,2	79,4	74,0	I	Material von der Korngröße I nicht, von II nicht genügend vorhanden.			
	2		95,0	88,8	77,2	74,0					
	Mittel		**95,4**	**88,5**	**78,3**	**74,0**					
	1	0	4,3	11,7	20,0	25,0	0				
	2		5,1	11,3	22,5	25,5					
	Mittel		**4,7**	**11,5**	**21,3**	**25,3**					
II	3	II	89,0	75,9	58,3	48,3	II				
	4		90,7	78,5	64,1	52,5					
	Mittel		**89,9**	**77,2**	**61,2**	**50,4**					
	3	I	8,6	15,1	24,5	28,7	I				
	4		6,6	14,3	21,7	28,6					
	Mittel		**7,6**	**14,7**	**23,1**	**28,7**					
	3	0	2,6	8,9	16,7	22,2	0				
	4		2,7	6,8	14,3	19,0					
	Mittel		**2,7**	**7,9**	**15,5**	**20,6**					
III	5	III	90,1	72,8	49,7	36,6	III	62,5	44,4	27,9	15,9
	6		87,7	67,7	47,5	36,5		78,7	60,9	41,0	25,8
	Mittel		**88,9**	**70,3**	**48,6**	**36,6**		**70,6**	**52,7**	**34,5**	**20,9**
	5	II	6,0	11,4	20,1	24,2	II	22,2	21,2	15,7	19,9
	6		7,4	16,7	22,8	23,7		13,2	15,8	15,0	21,7
	Mittel		**6,7**	**14,1**	**21,5**	**24,0**		**17,7**	**18,5**	**15,4**	**20,8**
	5	I	2,3	8,7	15,0	19,3	I	7,1	14,4	17,7	17,7
	6		2,7	8,4	14,2	19,7		3,2	9,3	16,5	16,5
	Mittel		**2,5**	**8,6**	**14,6**	**19,5**		**5,2**	**11,9**	**17,1**	**17,1**
	5	0	1,6	7,3	15,3	19,7	0	8,4	19,9	38,5	44,4
	6		2,2	7,2	14,9	19,1		5,0	13,7	27,1	34,9
	Mittel		**1,9**	**7,3**	**15,1**	**19,4**		**6,7**	**16,8**	**32,8**	**39,7**
IV	7	IV	85,5	66,1	46,1	35,8	IV	82,0	67,6	46,1	36,6
	8		90,2	76,9	59,5	50,2		72,5	54,0	37,8	27,8
	Mittel		**87,9**	**71,5**	**52,8**	**43,0**		**77,3**	**60,8**	**42,0**	**32,2**
	7	III	6,9	12,0	18,1	16,7	III	5,4	6,6	8,5	8,5
	8		3,9	8,5	10,5	12,7		15,4	18,1	12,2	15,6
	Mittel		**5,4**	**10,3**	**14,3**	**14,7**		**10,4**	**12,4**	**10,4**	**12,1**
	7	II	3,3	9,5	13,3	17,0	II	2,7	8,5	10,8	9,8
	8		3,7	7,6	9,4	14,6		3,7	7,9	12,4	11,2
	Mittel		**3,5**	**8,6**	**11,4**	**15,8**		**3,2**	**8,2**	**11,6**	**10,5**
	7	I	2,3	6,0	9,8	13,0	I	2,0	6,2	11,0	13,5
	8		1,2	4,1	12,0	9,5		3,5	7,5	13,2	13,6
	Mittel		**1,8**	**5,1**	**10,9**	**11,3**		**2,8**	**6,9**	**12,1**	**13,6**
	7	0	2,3	6,3	12,7	17,2	0	3,1	10,6	22,8	30,1
	8		1,1	3,0	8,3	12,5		5,1	12,2	24,0	30,8
	Mittel		**1,7**	**4,7**	**10,5**	**14,9**		**4,1**	**11,4**	**23,4**	**30,5**

(Fortsetzung).

Material		Kies E					Steinschlag F				
		Gehalt der Probe an Steinen									
Ursprüngliche Siebfeinheit (Korngröße) des gesammten Probematerials	Probe Nr.	von der Siebfeinheit	nach der Prüfung mit der Gesammtschlagarbeit in mkg				von der Siebfeinheit	nach der Prüfung mit der Gesammtschlagarbeit in mkg			
			207	621	1242	1656		207	621	1242	1656
V	9	V	80,6	76,4	64,1	60,3	V	96,6	76,2	66,8	53,3
	10		90,6	77,5	74,9	67,5		65,6	59,5	35,4	32,9
	Mittel		85,6	77,0	69,5	63,9		81,1	67,9	51,1	43,1
	9	IV	14,5	13,0	17,3	15,5	IV	2,8	18,2	17,1	18,0
	10		8,9	15,5	11,8	15,3		27,2	20,6	34,2	28,2
	Mittel		11,7	14,3	14,6	15,4		15,0	19,4	25,7	23,1
	9	III	2,0	2,8	5,6	8,2	III	0,0	0,6	2,5	2,8
	10		0,0	1,6	2,3	4,2		0,0	3,0	2,5	6,8
	Mittel		1,0	2,2	4,0	6,2		0,0	1,8	2,5	4,8
	9	II	0,9	2,5	4,2	4,3	II	0,0	0,8	3,3	6,9
	10		0,2	2,1	3,9	4,7		2,8	4,5	6,3	5,5
	Mittel		0,6	2,3	4,1	4,5		1,4	2,7	4,8	6,2
	9	I	1,1	2,3	4,0	4,8	I	0,0	1,4	3,3	6,4
	10		0,2	1,3	3,1	3,5		2,0	4,3	6,3	7,0
	Mittel		0,7	1,8	3,6	4,2		1,0	2,9	4,8	6,7
	9	0	0,9	2,6	4,0	6,0	0	0,6	2,8	6,9	11,6
	10		0,2	1,5	3,2	3,2		2,5	8,0	14,8	19,1
	Mittel		0,6	2,1	3,6	4,6		1,6	5,4	10,9	15,4
VI	11	VI	89,9	75,8	66,1	57,1	VI	73,3	69,8	42,8	48,6
	12		79,6	63,0	54,4	47,3		78,0	58,9	43,5	38,0
	Mittel		84,8	69,4	60,3	52,2		75,7	64,4	43,2	43,3
	11	V	6,2	9,7	17,9	21,5	V	23,3	21,4	44,6	36,1
	12		7,3	16,9	18,6	25,2		15,6	27,9	30,3	26,0
	Mittel		6,8	13,3	18,3	23,4		19,5	24,7	37,5	31,1
	11	IV	2,2	5,2	6,1	6,7	IV	0,0	1,4	1,2	1,9
	12		7,3	9,3	10,6	9,5		3,6	3,6	5,3	9,9
	Mittel		4,8	7,3	8,4	8,1		1,8	2,5	3,3	5,9
	11	III	0,3	3,3	1,4	3,9	III	0,7	0,9	2,1	1,9
	12		2,9	3,7	4,7	5,9		0,5	2,4	4,8	4,6
	Mittel		1,6	3,5	3,1	4,9		0,6	1,7	3,5	3,3
	11	II	0,9	2,5	2,5	3,7	II	0,5	1,2	0,9	1,9
	12		1,0	2,7	4,4	4,6		0,7	1,9	3,8	4,8
	Mittel		1,0	2,6	3,5	4,2		0,6	1,6	2,4	3,4
	11	I	0,2	1,6	2,3	2,8	I	0,2	1,4	1,9	2,1
	12		1,2	2,2	3,0	3,5		0,5	1,4	3,2	4,8
	Mittel		0,7	1,9	2,7	3,2		0,4	1,4	2,6	3,5
	11	0	0,3	1,9	3,3	3,6	0	2,1	3,7	6,3	6,7
	12		0,8	2,2	3,9	3,5		1,0	3,8	9,1	12,0
	Mittel		0,6	2,1	3,6	3,6		1,6	3,8	7,7	9,4

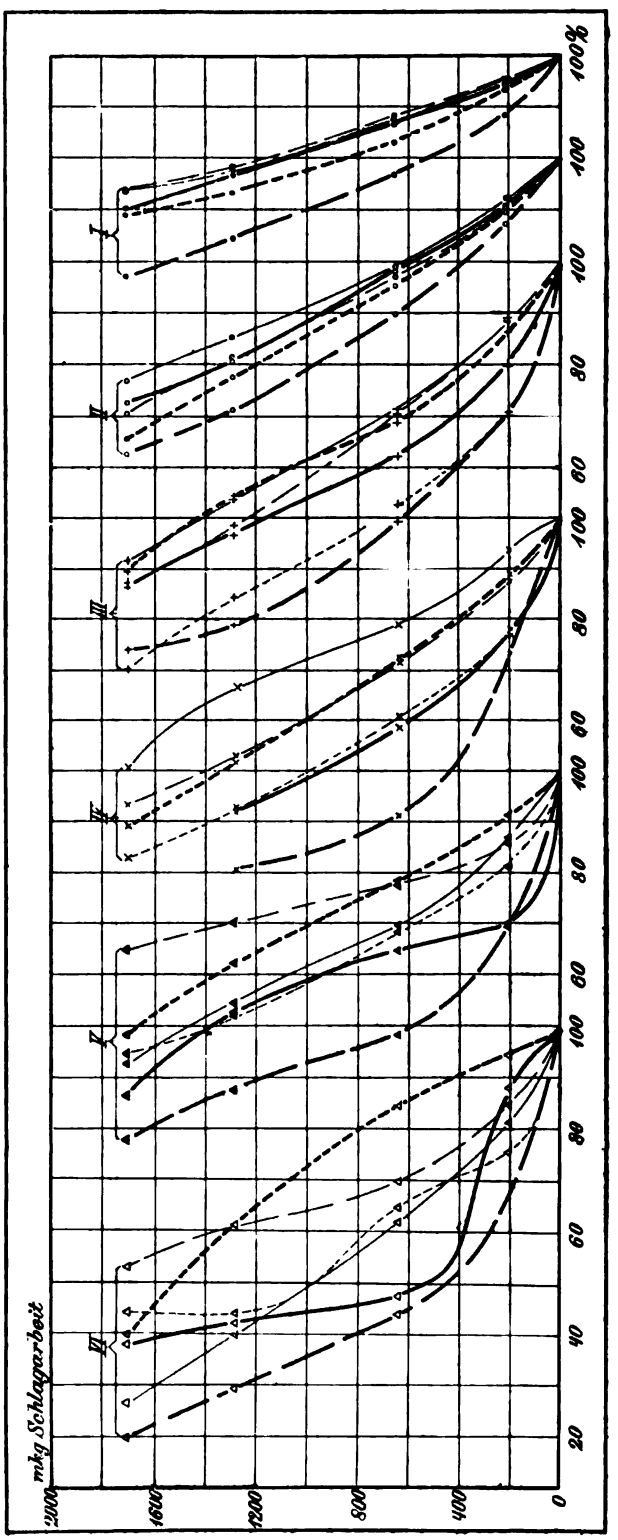


Fig. 8. Abnahme des Prozentgehaltes an Steinen der urſprünglichen Korngröße bei den Schlagverſuchen mit der Stopfhacke.
Kiesſorte: A = ———, B = — — —, C = — — — —, D = ———, E = — — —, Steinſchlag F = — — — —.

daß die bei den beiden Parallelverſuchen nach den gleichen Schlagleiſtungen feſtgeſtellten Prozentgehalte an Material gleicher Korngröße unter einander aufgeführt und zu Mittelwerthen zuſammengefaßt wurden. Die verſchiedenen Korngrößen ſind hierbei nach abnehmender Größe geordnet.

Die Uebereinſtimmung der zuſammengehörigen Einzelwerthe aus den beiden Parallelverſuchen iſt eine ſehr gute; erhebliche Abweichungen kommen für die Kieſe nur bei den Verſuchen mit der Korngröße VI vor, dieſe Abweichungen können indeſſen nicht befremden, wenn man bedenkt, daß die hier in Frage kommenden Steine bei recht beträchtlicher urſprünglicher Größe theils flache theils rundere Geſtalt hatten und daher unter den Schlägen der Stopfhacke (Fallbär mit ſtumpfer Schneide) in ganz verſchiedenem Maße zertrümmert werden mußten, je nachdem ſie zufällig auf der flachen Seite oder in Richtung ihres größten Durchmeſſers getroffen wurden. Die Parallelverſuche mit dem Steinſchlag weiſen größere Abweichungen auch bei den kleineren Korngrößen auf. Vielleicht iſt dies darauf zurückzuführen, daß einzelne Steine ſchon bei Herſtellung des Steinſchlages Sprünge erlitten und hierdurch an Widerſtandsfähigkeit gegen Schlag einbüßten. Die Mittelwerthe können ſomit, von wenigen Ausnahmen abgeſehen, wohl als hinreichend zuverläſſig angeſehen werden.

Um nun den Verlauf der Abnahme des Gehaltes an Steinen der ursprünglichen Korngröße und den der Zunahme des Gehaltes an Steinen von der Korngröße 0 (d. h. unter 6 mm) übersichtlicher zu gestalten, sind die hierfür erhaltenen Mittelwerthe aus Tab. 2 in den Schaulinien Fig. 8 und 9 zeichnerisch dargestellt, indem die aufgewendeten Schlagarbeiten als Ordinaten und die zugehörigen Prozentgehalte der Proben an Steinen der ursprünglichen Korngröße (Fig. 8) und der Korngröße „Null" (Fig. 9) als Abscissen aufgetragen wurden. Hierbei sind die Nullpunkte für die Versuchsreihen mit den verschiedenen Materialien gleicher Korngröße immer um soviel gegen einander verschoben, daß die Linien der nach den ursprünglichen Korngrößen I—VI getrennten Gruppen gesondert blieben.

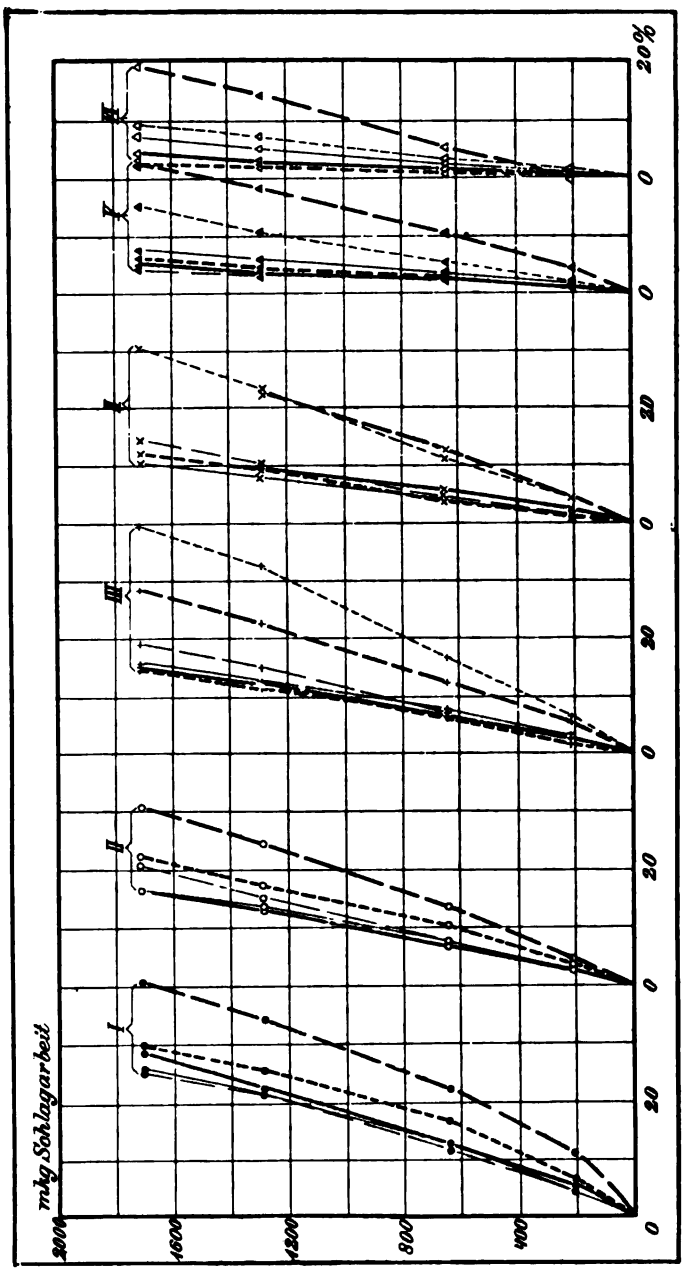


Fig. 9. Zunahme des Prozentgehaltes an Steinen von der Korngröße Null (26 mm) bei den Schlagversuchen mit der Stopfhacke.

Kiessorte: A = ———, B = — — —, C = — — — —, D = ———, E = — — —, Steinschlag F = — — — —.

Die Verbindungslinien zwischen den aufgetragenen Beobachtungspunkten sind in beiden Figuren, wie unter ihnen angegeben ist, zur Kennzeichnung des zugehörigen Materials verschieden ausgeführt.

Nun liegt die gestrichelte starke Linie, welche der Kiessorte B entspricht, in Fig. 8 in allen Liniengruppen am weitesten nach links und in Fig. 9, mit einer einzigen Ausnahme (Gruppe III) am weitesten nach rechts. Hieraus folgt, entsprechend der Bedeutung der Schaulinien, daß

1. die Kiessorte B (der Werra-Kies) von den 6 geprüften Materialien, in allen Korngrößen die geringste Widerstandsfähigkeit gegen Schläge mit der Stopfhacke gezeigt hat, indem dieser Kies sich

unter der Einwirkung der Schläge nicht nur am leichtesten spaltete (Fig. 8), sondern auch am ehesten bis zu solcher Feinheit zertrümmert wurde (Fig. 9), daß das Material als Bettungsmaterial unbrauchbar wurde.

Die übrigen Schaulinien folgen sich in den einzelnen Gruppen in sehr wechselnder Reihenfolge, zum Theil überschneiden sie sich sogar. Hiernach ist also:

2. Die Widerstandsfähigkeit der übrigen untersuchten Materialien in den verschiedenen Korngrößen verschieden.

Auf die Ursachen für dieses verschiedenartige Verhalten komme ich später noch zurück. Hier möge nur kurz erwähnt sein, daß sie sowohl in der wechselnden Form der Steine als auch in der wechselnden Gesteinsart begründet sein können.

Um nun für die untersuchten Materialien trotzdem den Grad der Widerstandsfähigkeit gegen Zertrümmerung durch die Stopfhacke auffinden und zahlenmäßig zum Ausdruck bringen zu können, sind die Mittelwerthe aus Tab. 2, nach denen auch die Schaulinien Fig. 8 und 9 verzeichnet wurden, in den Tab. 3 und 4 nochmals gegenübergestellt und für sie Verhältnißzahlen gebildet, indem in allen, nach der ursprünglichen Siebfeinheit oder Korngröße getrennten Gruppen immer die Werthe für die Kiessorte A (Harzkies) gleich 100 gesetzt wurden. Die Größe dieser Verhältnißzahlen nimmt für die Sorte B (Werrakies) in Tab. 3, welche die Zertrümmerung der ursprünglichen Steine giebt, für alle Korngrößen mit wachsender Schlagarbeit mehr oder weniger ab. Dies besagt, daß:

3. die geringere Widerstandsfähigkeit der Sorte B der Sorte A gegenüber mit wachsender Inanspruchnahme immer mehr hervortritt.

Bei den übrigen Steinsorten ist ein derartiger Einfluß der Schlagzahl nicht zu beobachten und zwar weder an der Zertrümmerung des ursprünglichen Materials (Tab. 3) noch an der Zunahme des Gehaltes an Material der Korngröße unter 6 mm (Tab. 4).

Hiernach erschien es zulässig, die Verhältnißzahlen für alle vier angewendeten Schlagarbeiten zu Mittelwerthen zusammenzufassen, wie solche in der letzten Spalte der Tab. 3 und 4 gegeben sind.

In Fig. 10 sind diese Mittelwerthe als Funktion der ursprünglichen Korngröße zu Schaulinien aufgetragen. Aus dem Verlauf dieser Linien zeigt sich zunächst, daß:

4. die Unterschiede in der Widerstandsfähigkeit gegen Zertrümmern im Allgemeinen mit wachsender Korngröße stärker hervortritt und zwar nimmt die Widerstandsfähigkeit bei der Sorte B immer mehr ab, bei den übrigen Sorten zu.

Eine auffällige Ausnahme von dieser Gesetzmäßigkeit bildet die Sorte D. Diese zeigt bis zur Korngröße IV (= 25 mm) eine mit der letzteren wachsende und allen anderen Sorten überlegene Widerstandsfähigkeit gegen Zertrümmern, während die größeren Steine des Materials D sich wieder leichter zertrümmern ließen, als die der übrigen Kiessorten.

Denkt man sich die aufgetragenen Beobachtungspunkte durch kontinuirliche Linienzüge ausgeglichen, so lassen sich

5. die untersuchten Materialien im Hinblick auf die Lage dieser Ausgleichslinien wie folgt nach wachsender Widerstandsfähigkeit gegen Schläge mit der Stopfhacke einordnen: B, F = A, D, C und E.

Zur Kontrole dieses Verfahrens die Versuchsergebnisse auszuwerthen, ist die Tab. 5 entworfen, indem die Materialzeichen getrennt für die verschiedenen Korngrößen nach wachsenden Mittelwerthen für die Verhältnißzahlen (Tab. 3 und 4) geordnet niedergeschrieben sind.

Tabelle 3. Verhältniß der Widerstandsfähigkeit der verschiedenen Steinsorten gegen die Schlagwirkungen der Stopfhacke,

ausgedrückt durch den nach gleichen Schlagarbeiten verbliebenen Prozentgehalt an Steinen der ursprünglichen Korngröße.

Ursprüngliche Siebfeinheit (Korngröße) des Materials	Bezeichnung des Materials	Mittlerer Prozentgehalt an Steinen der ursprünglichen Korngröße nach den folgenden Schlagarbeiten in mkg, ausgeübt mit der Stopfhacke				Verhältniß für die vorstehenden Prozentgehalte, die Werthe für den Kies A gleich 100 gesetzt				
		207	621	1242	1656	207	621	1242	1656	Mittel
I	A	94,6	86,8	76,8	70,1	100				100
	B	88,2	77,3	64,5	57,3	93	89	84	82	87
	C	93,3	83,3	73,8	69,1	99	96	96	99	98
	D	95,5	87,1	77,9	73,7	101	100	101	105	102
	E	95,4	88,5	78,3	74,0	101	102	102	106	106
	F	—	—	—	—	—	—	—	—	—
II	A	90,7	78,3	60,8	52,1	100				100
	B	87,5	70,0	51,0	42,4	96	89	84	81	88
	C	89,9	75,7	57,9	45,5	99	97	95	87	95
	D	92,2	78,9	65,6	56,7	102	101	108	109	105
	E	89,9	77,2	61,2	50,4	99	99	101	97	99
	F	—	—	—	—	—	—	—	—	—
III	A	79,9	62,2	46,4	37,8	100				100
	B	70,5	49,4	29,2	24,2	88	79	63	64	74
	C	86,2	68,9	54,2	39,6	108	111	117	105	110
	D	88,1	71,7	53,8	41,5	110	115	116	110	118
	E	88,9	70,3	48,6	36,6	111	113	105	97	107
	F	70,6	52,7	34,5	20,9	88	85	74	55	76
IV	A	77,0	58,7	42,7	—	100			—	[100]
	B	73,6	41,1	30,1	—	96	70	71	—	[79]
	C	88,4	72,0	51,7	38,8	115	123	121	—	[120]
	D	93,5	78,4	66,2	50,2	121	134	155	—	[137]
	E	87,9	71,5	52,8	43,0	114	122	124	—	[120]
	F	77,3	60,8	42,0	32,2	100	103	98	—	[100]
V	A	69,6	64,2	51,8	35,0	100				100
	B	68,7	47,7	36,1	26,1	99	74	70	75	80
	C	91,5	78,0	61,3	47,2	131	121	118	135	126
	D	86,6	68,7	53,6	41,3	125	107	104	118	114
	E	85,6	77,0	69,5	63,9	123	120	134	183	140
	F	81,1	67,9	51,1	43,1	116	106	99	123	111
VI	A	87,9	46,8	41,5	37,3	100				100
	B	—	43,5	28,3	18,4	—	93	68	49	[70]
	C	94,4	84,4	60,4	39,0	107	180	145	104	134
	D	81,0	61,2	39,4	25,1	92	131	95	67	96
	E	84,8	69,4	60,3	52,2	96	148	145	140	132
	F	75,7	64,4	43,2	43,3	86	138	104	116	111

Tabelle 4. Verhältniß der Widerstandsfähigkeit der verschiedenen Steinsorten gegen die Schlagwirkungen der Stopfhacke,

ausgedrückt durch die Zunahme des Prozentgehaltes an Steinen von der Korngröße unter 6 mm.

Ursprüngliche Siebfeinheit (Korngröße) des Materials	Bezeichnung des Materials	Mittlerer Prozentgehalt an Steinen von der Korngröße unter 6 mm nach den folgenden Schlagarbeiten in mkg, ausgeübt mit der Stopfhacke				Verhältniß für die vorstehenden Prozentgehalte, die Werthe für den Kies A gleich 100 gesetzt				
		207	621	1242	1656	207	621	1242	1656	Mittel
I	A	5,5	12,6	22,1	28,3	100				100
	B	11,8	22,1	34,1	40,7	214	175	154	143	172
	C	6,8	16,5	25,5	29,9	124	131	115	106	119
	D	4,5	12,9	21,9	25,9	82	102	99	91	94
	E	4,7	11,5	21,3	25,3	85	91	96	89	90
	F	—	—	—	—	—	—	—	—	—
II	A	2,5	6,6	13,0	16,6	100				100
	B	4,4	13,9	24,6	30,4	176	210	189	183	190
	C	3,1	10,1	17,6	22,1	124	153	135	133	136
	D	2,7	7,8	13,7	16,3	108	118	105	98	107
	E	2,7	7,9	15,5	20,6	108	120	119	124	118
	F	—	—	—	—	—	—	—	—	—
III	A	2,5	6,7	12,1	15,4	100				100
	B	5,6	12,6	22,6	28,7	224	188	187	186	196
	C	2,3	6,3	11,5	15,1	92	94	95	98	95
	D	2,8	8,0	12,7	16,0	112	119	105	104	110
	E	1,9	7,3	15,1	19,4	76	109	125	126	109
	F	6,7	16,8	32,8	39,7	268	251	271	258	262
IV	A	2,3	5,9	10,0	—	100			—	[100]
	B	4,5	12,7	22,9	—	196	215	229	—	[213]
	C	1,3	3,8	9,6	12,4	56	64	96	—	[72]
	D	0,9	4,2	8,0	10,5	39	71	80	—	[63]
	E	1,7	4,7	10,5	14,9	74	80	105	—	[86]
	F	4,1	11,4	23,4	30,5	178	193	234	—	[202]
V	A	0,9	2,4	3,8	5,1	100				100
	B	4,2	10,5	18,3	22,4	467	437	481	439	456
	C	0,7	2,4	4,4	6,3	78	100	116	123	104
	D	1,5	3,9	6,1	8,0	167	162	160	157	162
	E	0,6	2,1	3,6	4,6	67	87	95	90	85
	F	1,6	5,4	10,9	15,4	178	225	287	302	248
VI	A	—	1,4	3,2	4,5	—	100			[100]
	B	—	5,2	14,3	19,3	—	371	447	428	[415]
	C	0,7	0,5	2,1	2,1	—	36	66	47	[50]
	D	0,9	2,7	5,4	7,6	—	193	169	169	[177]
	E	0,6	2,1	3,6	3,6	—	150	113	80	[114]
	F	1,6	3,8	7,7	9,4	—	272	240	209	[240]

Tabelle 5. **Einordnung der untersuchten Materialien nach wachsendem Widerstande gegen Zertrümmern mittels Stopfhacke.**

Korngrößen	Eingeordnet nach wachsenden Verhältnißzahlen aus Tab. 3						Eingeordnet nach abnehmenden Verhältnißzahlen aus Tab. 4					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
I	B	C	A	D	E	—	B	C	A	D	E	—
II	B	C	E	A	D	—	B	C	E	D	A	—
III	B	F	A	E	C	D	F	B	D	E	A	C
IV	B	F	A	E	C	D	B	F	A	E	C	D
V	B	A	F	D	C	E	B	F	D	C	A	E
VI	B	D	A	F	E	C	B	F	D	E	A	C

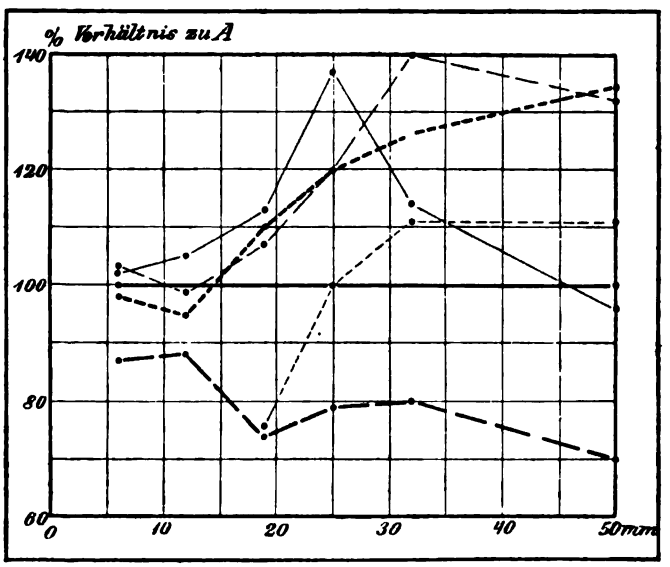


Fig. 10. Widerstandsfähigkeit der verschiedenen Steinsorten und Korngrößen gegen Zertrümmern mittels Stopfhacke im Vergleich zum Kies A = 100 = ———.
Kiessorte: B = — —, C = — — —, D = ———, E = — —, Steinschlag F = — — —.

Addirt man nun die Einordnungsnummern 1—6 der Spalten, in denen dieselben Materialzeichen bei den verschiedenen Korngrößen vorkommen, zusammen, so erhält man folgende Werthe:

Zeichen des Materials:	A	B	C	D	E	F
a) nach Tab. 3 . .	18	6	25	22	31	(11)
b) nach Tab. 4 . .	26	7	25	23	26	(7)

und hieraus für die Einordnung der Materialien nach wachsendem Widerstande gegen Zertrümmern

a) nach Tab. 3: B A (F) D C E
b) „ „ 4: B (F) D C A E.

Die Reihenfolge unter a entspricht vollkommen derjenigen, welche aus den Schaulinien Fig. 10 abgeleitet war und, von der Stellung des Materials A abgesehen, thut dies auch die Reihenfolge unter b.

Schließlich sind in Tab. 6 die mittleren Verhältnißzahlen für die verschiedenen Korngrößen desselben Materials noch zu Gesammtmittel zusammengefaßt und die Materialien

hierbei zugleich nach wachsenden Werthen geordnet. Die Reihenfolge ist selbstverständlich wieder die gleiche, wie sie bei den vorgenannten Einordnungsverfahren erhalten wurde; die Werthe drücken aber zugleich die mittleren Unterschiede in der Widerstandsfähigkeit des Probematerials gegen Zertrümmern mit der Stopfhacke zahlenmäßig aus. Hiernach sind

6. der Kies A und der Steinschlag F von gleichem Widerstande, der Kies B um 20% weniger widerstandsfähig und die drei anderen um 11 bis 17% fester als A.

Tabelle 6. **Mittelwerthe für die Verhältnißzahlen aus Tabelle 3.**

Korngröße	Bezeichnung des Materials					
	B	A	F	D	C	E
I	87	100	—	102	98	103
II	88	100	—	105	95	99
III	74	100	76	113	110	107
IV	[79]	[100]	[100]	[137]	[120]	[120]
V	80	100	111	114	126	140
VI	[70]	100	111	96	134	132
Mittel	**80**	**100**	**[100]**	**111**	**114**	**117**

d. Ergebnisse der Prüfung auf wiederholtes stoßweises Zusammenpressen.

Die Widerstandsfähigkeit der verschiedenen Steinsorten gegen die auf Abschleifen und Zerdrücken wirkenden wechselnden Schwellenbewegungen wurde, wie oben näher beschrieben ist, durch Schlagversuche unter stoßweisem Zusammenpressen des allseitig eingeschlossenen Materials geprüft. Hierbei diente als Maß für die Widerstandsfähigkeit wieder der nach bestimmten Arbeitsleistungen erzielte Grad der Zertrümmerung auf kleinere Korngrößen als die ursprüngliche.

Die Zusammenstellung der beobachteten Einzelwerthe in Tab. 7, deren theilweise Aufzeichnung zu Schaulinien Fig. 11 und 12 sowie die Berechnung der in den Tab. 8 und 9 gegebenen Verhältnißzahlen und die nach ihnen vorgenommenen Einordnungen Tab. 10 und 11 erfolgten nach den gleichen Gesichtspunkten, wie solche in dem vorigen Abschnitt für die Tab. 2—6 und für die Fig. 8 und 9 angegeben sind.

Die Lage der Linien in den einzelnen nach Korngrößen getrennten Gruppen Fig. 11 und 12 zeigt, daß

7. die Kiessorte B (Werra-Kies) auch bei dem wiederholten, stoßweisen Zusammenpressen bei Weitem die geringste Widerstandsfähigkeit gegen Zertrümmern äußerte und die Unterschiede in der Widerstandsfähigkeit der übrigen untersuchten Kiessorten wieder mit der Korngröße wechselten. (Vergl. Schlußfolgerung 1).

Aus dem Vergleich der für dasselbe Material, aber für verschiedene Korngrößen in Tab. 8 und 9 zusammengestellten Mittelwerthe ergiebt sich ferner, daß

8. die Unterschiede in der Widerstandsfähigkeit der verschiedenen Steinsorten im Allgemeinen mit wachsender Korngröße stärker hervortreten. (Vergl. Folgerung 4).

Die Einordnungen in Tab. 10 liefern folgende Werthe:

Zeichen des Materials:	A	B	C	D	E	F
a) nach Tab. 8 . .	15	8	18	32	26	(9)
b) nach Tab. 9 . .	27	8	19	27	22	(5)

Hieraus ergiebt sich für die Einordnung der Materialien nach wachsendem Widerstande

unter a = B A F C E D
unter b = B F C E A D

In Uebereinstimmung mit dem Ergebniß der Schlagversuche mit der Stopfhacke steht auch bei diesen Versuchen wie bei jenen die Sorte A in Reihe b weiter nach hinten als in Reihe a. Sie hat also im Vergleich mit den übrigen Steinsorten gegen Zertrümmern auf die kleinste Korngröße größeren Widerstand geäußert als gegen Zertrümmern überhaupt.

Im Uebrigen weichen die Einordnungen nach den beiden Untersuchungsverfahren insofern von einander ab, als bei der Prüfung mit der Stopfhacke die Sorte E, beim stoßweisen Zusammenpressen dagegen die Sorte D sich am widerstandsfähigsten erwies.

Aus den Gesammtmitteln der Verhältnißzahlen Tab. 8 ergiebt sich nach Tab. 11, daß

9. der Kies B wieder um etwa 20 % geringer, die übrigen Materialien um 10–30 % größer in der Widerstandsfähigkeit gegen Zertrümmern sich erwiesen als der Kies A.

e. Ergebnisse der Prüfung auf Druckfestigkeit bei allseitiger fester Umschließung.

Wie schon oben (Seite 282) angegeben ist, wurden die Druckversuche in einem Rohr und zwar mit den beiden Kiesen A und B bei zwei verschiedenen Auffüllhöhen des Materials ausgeführt. Die Ergebnisse für 350 mm Auffüllhöhe sind in Tab. 12 und diejenigen für 100 mm Auffüllhöhe gemeinsam mit den Ergebnissen für die übrigen Materialien C—F, die nur bei 100 mm Auffüllhöhe geprüft wurden, in Tab. 13 zusammengestellt. Mit Rücksicht auf den großen Arbeitsaufwand, den das wiederholte Durchsieben der Proben nach stattgehabter Prüfung erforderte, wurden die Versuche bei 100 mm Auffüllhöhe nur mit 20 t Belastung durchgeführt, während die trockenen und nassen Proben bei 350 mm Auffüllhöhe mit 20 und 40 t belastet wurden. Ein Vergleich der Ergebnisse beider Reihen zur Feststellung des Einflusses verschiedener Auffüllhöhen auf die Zertrümmerung der Kiessorten A und B durch stetig wachsenden Druck kann daher nur für 20 t Belastung stattfinden.

Um nun diesen Vergleich zu erleichtern, sind die in beiden Versuchsreihen nach stattgehabter Belastung ermittelten Prozentgehalte an Steinen der ursprünglichen Korngröße und an Material unter 6 mm Korngröße für die sechs Korngrößen I—VI in den Tab. 14 und 15 nochmals gegenüber gestellt und immer aus den beiden zusammengehörigen Werthen Verhältnißzahlen gebildet, indem die bei 100 mm Auffüllhöhe erhaltenen Werthe gleich 100 gesetzt wurden. Diese Verhältnißzahlen betragen mit einer einzigen Ausnahme, welche der trocken geprüfte Kies A von der Korngröße I bildet, in Tab. 14 über 100 % und in Tab. 15 unter 100 %. Hiernach ist also

10. die Zertrümmerung beider Kiessorten unter stetig wachsendem Druck bei der größeren Auffüllhöhe geringer gewesen als bei der kleineren Auffüllhöhe.

Tabelle 7. Ergebnisse der Prüfung von 5 Sorten Kies A—E und 1 Sorte Steinschlag F

Material		Kies A				Kies B				Kies C			
		Gehalt der Probe an Steinen											
Ursprüngliche Siebfeinheit des gesammten Probematerials	Probe Nr.	von der Siebfeinheit	nach der Prüfung mit der Gesammtschlagarbeit in mkg			von der Siebfeinheit	nach der Prüfung mit der Gesammtschlagarbeit in mkg			von der Siebfeinheit	nach der Prüfung mit der Gesammtschlagarbeit in mkg		
			1585	3170	4755		1585	3170	4755		1585	3170	4755
I	1	I	91,6	86,7	82,2	I	88,3	81,6	76,8	I	85,6	79,6	72,8
	2		92,9	86,8	84,4		85,0	75,5	72,1		88,5	82,9	77,3
	Mittel		**92,3**	**86,8**	**83,3**		**86,7**	**78,6**	**74,5**		**87,1**	**81,3**	**75,1**
	1	0	7,8	12,3	16,2	0	11,7	17,8	21,6	0	14,4	20,3	26,6
	2		6,8	12,4	14,0		14,7	23,4	25,8		11,5	17,1	22,6
	Mittel		**7,3**	**12,4**	**15,1**		**13,2**	**20,6**	**23,7**		**13,0**	**18,7**	**24,6**
II	3	II	78,7	71,6	61,5	II	84,4	73,3	65,3	II	77,2	66,1	58,2
	4		83,0	75,2	62,0		79,3	71,6	63,2		81,5	73,1	67,2
	Mittel		**80,9**	**73,4**	**61,8**		**81,9**	**72,5**	**64,3**		**79,4**	**69,6**	**62,7**
	3	I	15,0	15,7	21,2	I	8,5	12,7	14,5	I	12,4	14,0	16,0
	4		12,3	16,0	25,0		10,9	13,1	14,4		11,1	13,2	15,0
	Mittel		**13,7**	**15,9**	**23,1**		**9,7**	**12,9**	**14,5**		**11,8**	**13,6**	**15,5**
	3	0	6,0	11,7	16,3	0	7,1	12,9	19,1	0	10,4	19,8	25,7
	4		4,5	8,5	12,3		9,5	14,5	21,2		7,4	13,7	17,8
	Mittel		**5,3**	**10,1**	**14,3**		**8,3**	**13,7**	**20,2**		**8,9**	**16,8**	**21,8**
III	5	III	67,0	55,6	51,0	III	48,5	36,1	27,3	III	71,1	62,2	44,9
	6		59,6	47,0	45,4		57,6	41,5	34,3		76,4	64,0	48,6
	Mittel		**63,3**	**51,3**	**48,2**		**53,1**	**38,8**	**30,8**		**73,8**	**63,1**	**46,8**
	5	II	19,9	25,6	22,6	II	23,2	23,6	22,6	II	14,3	15,8	25,0
	6		25,7	29,2	24,2		21,0	21,6	20,2		11,3	16,4	24,0
	Mittel		**22,8**	**27,4**	**23,6**		**22,1**	**22,6**	**21,4**		**12,8**	**16,1**	**24,5**
	5	I	6,9	8,3	11,0	I	9,8	12,6	13,7	I	6,4	8,5	12,1
	6		7,7	10,0	11,0		7,5	10,5	11,8		5,9	7,6	10,3
	Mittel		**7,3**	**9,2**	**11,0**		**8,7**	**11,6**	**12,8**		**6,2**	**8,1**	**11,2**
	5	0	6,1	9,5	12,8	0	18,6	25,5	33,4	0	8,2	13,5	18,0
	6		7,0	13,1	18,8		13,9	26,2	33,2		6,4	12,0	17,1
	Mittel		**6,6**	**11,3**	**15,8**		**16,3**	**25,9**	**33,3**		**7,3**	**12,8**	**17,6**
IV	7	IV	54,1	44,7	39,5	IV	47,0	29,7	23,0	IV	78,1	66,1	56,0
	8		53,5	47,0	41,2		40,9	33,0	25,8		71,2	55,2	46,5
	Mittel		**53,8**	**45,9**	**40,4**		**44,0**	**31,4**	**24,4**		**74,7**	**60,7**	**51,3**
	7	III	24,8	28,8	24,9	III	15,2	21,5	18,2	III	9,1	12,7	14,4
	8		21,5	19,1	20,1		24,7	18,9	20,2		12,6	14,4	16,7
	Mittel		**23,2**	**24,0**	**22,5**		**20,0**	**20,2**	**19,2**		**10,9**	**13,6**	**15,6**
	7	II	10,2	10,6	12,4	II	9,6	13,5	14,1	II	6,0	7,4	8,6
	8		10,0	11,3	10,2		10,8	12,1	9,4		5,8	10,5	9,7
	Mittel		**10,1**	**11,0**	**11,3**		**10,2**	**12,8**	**11,8**		**5,9**	**9,0**	**9,2**
	7	I	5,4	7,4	8,2	I	8,2	10,0	12,5	I	3,3	5,8	7,9
	8		6,6	7,8	8,0		8,5	10,1	10,6		5,1	7,4	7,6
	Mittel		**6,0**	**7,6**	**8,1**		**8,4**	**10,1**	**11,6**		**4,2**	**6,6**	**7,8**
	7	0	5,4	8,6	14,2	0	19,9	25,2	32,0	0	3,5	8,0	12,5
	8		8,2	14,5	19,7		15,1	25,2	33,0		5,3	11,8	18,5
	Mittel		**6,8**	**11,6**	**17,0**		**17,5**	**25,2**	**32,5**		**4,4**	**9,9**	**15,5**

gegen Abschleifen und Zertrümmern durch wiederholtes stoßweises Zusammenpressen.

Material		Kies D				Kies E				Steinschlag F			
		Gehalt der Probe an Steinen											
Ursprüngliche Siebfeinheit des gesammten Probematerials	Probe Nr.	von der Siebfeinheit	nach der Prüfung mit der Gesammtschlagarbeit in mkg			von der Siebfeinheit	nach der Prüfung mit der Gesammtschlagarbeit in mkg			von der Siebfeinheit	nach der Prüfung mit der Gesammtschlagarbeit in mkg		
			1585	3170	4755		1585	3170	4755		1585	3170	4755
I	1	I	93,1	88,0	83,5	I	89,8	80,7	77,0	I			
	2		92,8	88,5	85,4		92,3	87,4	85,8				
	Mittel		93,0	88,3	84,5		91,1	84,1	81,4				
	1	0	6,9	11,5	15,8	0	10,2	19,2	22,7	0			
	2		7,2	10,8	13,9		7,7	12,5	14,1				
	Mittel		7,1	11,2	14,9		9,0	15,9	18,4				
II	3	II	86,2	79,3	72,3	II	81,3	72,4	59,3	II			
	4		85,4	79,1	74,2		82,8	74,0	67,6				
	Mittel		85,8	79,2	73,3		82,1	73,2	63,5				
	3	I	8,2	9,9	12,0	I	11,9	15,3	23,2	I			
	4		9,2	10,4	10,9		11,8	14,7	17,2				
	Mittel		8,7	10,2	11,5		11,9	15,0	20,2				
	3	0	5,6	10,6	15,0	0	6,8	12,2	17,2	0			
	4		5,4	10,4	14,3		5,4	11,2	15,1				
	Mittel		5,5	10,5	14,7		6,1	11,7	16,2				
III	5	III	87,8	74,1	68,2	III	75,7	62,9	53,5	III			
	6		85,8	74,9	65,9		77,5	65,0	56,4				
	Mittel		86,8	74,5	67,1		76,6	64,0	55,0				
	5	II	6,2	11,7	12,9	II	11,9	17,4	18,1	II			
	6		7,8	10,8	15,0		12,1	15,0	15,1				
	Mittel		7,0	11,3	14,0		12,0	16,2	16,6				
	5	I	2,8	5,1	8,2	I	5,6	8,5	9,7	I			
	6		3,1	5,7	5,4		5,1	7,2	9,1				
	Mittel		3,0	5,4	6,8		5,4	7,9	9,4				
	5	0	3,2	8,3	9,9	0	6,8	11,2	18,7	0			
	6		3,3	8,6	13,7		5,3	12,9	19,4				
	Mittel		3,3	8,5	11,8		6,1	12,1	19,1				
IV	7	IV	81,4	66,5	60,9	IV	76,5	66,1	60,5	IV	48,5	41,6	36,6
	8		77,0	63,9	58,3		74,7	65,0	53,9		50,5	48,1	41,0
	Mittel		79,2	65,2	59,6		75,6	65,6	57,2		49,5	44,9	38,8
	7	III	7,7	11,4	10,8	III	11,7	12,2	10,9	III	16,3	9,7	11,0
	8		9,7	9,9	9,5		11,3	9,7	9,9		16,9	5,6	10,4
	Mittel		8,7	10,7	10,2		11,5	11,0	10,4		16,6	7,7	10,7
	7	II	2,7	4,8	5,8	II	5,4	7,4	8,9	II	9,4	5,3	5,8
	8		4,4	9,0	7,1		5,1	6,4	8,3		8,7	6,9	5,6
	Mittel		3,6	6,9	6,5		5,3	6,9	8,6		9,1	6,1	5,7
	7	I	3,4	5,3	5,1	I	3,5	6,2	7,7	I	7,4	8,5	5,1
	8		4,2	5,6	5,9		5,8	6,7	8,1		6,7	6,5	4,9
	Mittel		3,8	5,5	5,5		4,7	6,5	7,9		7,1	7,5	5,0
	7	0	4,8	12,0	17,3	0	3,0	7,7	11,5	0	18,4	34,5	40,0
	8		4,7	11,3	17,9		3,1	11,8	19,2		17,3	32,1	36,2
	Mittel		4,8	11,7	17,6		3,1	9,8	15,4		17,9	33,3	38,1

Material von der angegebenen Korngröße nicht, bezw. nicht genügend vorhanden.

Tabelle 7

Material		Kies A				Kies B				Kies C			
		Gehalt der Probe an Steinen											
Urſprüngliche Siebfeinheit des geſammten Probematerials	Probe Nr.	von der Siebfeinheit	nach der Prüfung mit der Geſammtſchlagarbeit in mkg			von der Siebfeinheit	nach der Prüfung mit der Geſammtſchlagarbeit in mkg			von der Siebfeinheit	nach der Prüfung mit der Geſammtſchlagarbeit in mkg		
			1585	3170	4755		1585	3170	4755		1585	3170	4755
V	9	V	55,4	50,3	37,8	V	42,9	37,2	20,4	V	76,0	58,8	41,8
	10		59,0	48,7	44,9		33,0	23,8	23,0		78,4	64,0	44,9
	Mittel		57,2	49,5	41,4		38,0	30,5	21,7		77,2	61,4	43,4
	9	IV	28,1	29,4	40,3	IV	24,6	25,2	30,0	IV	12,0	20,0	31,2
	10		28,6	25,0	28,4		36,4	27,0	21,6		10,1	13,8	28,0
	Mittel		28,4	27,2	34,4		30,5	26,1	25,8		11,1	16,9	29,6
	9	III	5,7	5,7	7,2	III	8,7	7,1	7,1	III	3,3	3,2	3,7
	10		2,3	4,6	3,5		5,1	7,7	8,8		2,9	6,1	6,4
	Mittel		4,0	5,2	5,4		6,9	7,4	8,0		3,1	4,7	5,1
	9	II	4,6	5,5	4,7	II	6,7	7,7	7,5	II	3,7	4,8	5,0
	10		3,8	8,4	5,9		7,7	9,4	9,2		3,2	5,1	6,4
	Mittel		4,2	7,0	5,3		7,2	8,6	8,4		3,5	5,0	5,7
	9	I	3,4	4,4	4,4	I	6,0	7,1	7,3	I	2,7	7,0	7,0
	10		2,5	5,2	6,3		6,7	8,3	8,3		2,5	5,1	6,0
	Mittel		3,0	4,8	5,4		6,4	7,7	7,8		2,6	6,1	6,5
	9	0	2,8	4,4	5,5	0	11,0	15,6	27,1	0	2,3	6,2	11,3
	10		3,3	6,9	9,8		10,6	22,6	27,7		2,9	5,9	8,3
	Mittel		3,1	5,7	7,7		10,8	19,1	27,4		2,6	6,1	9,8
VI	11	VI	54,8	50,3	33,0	VI	52,7	42,9	32,6	VI	65,2	51,0	27,0
	12		60,2	37,2	28,4		53,2	35,2	24,4		81,0	59,5	28,6
	Mittel		57,5	43,8	30,7		53,0	39,1	28,5		73,1	55,3	27,8
	11	V	39,9	39,9	53,8	V	20,5	19,0	14,0	V	18,8	21,2	33,5
	12		23,1	35,9	33,3		24,8	26,0	21,4		9,6	21,4	39,4
	Mittel		31,5	37,9	43,6		22,7	22,5	17,7		14,2	21,3	36,5
	11	IV	2,9	5,3	7,8	IV	4,7	7,8	14,0	IV	8,8	15,0	24,6
	12		10,1	12,3	16,6		7,9	10,6	17,3		4,7	7,4	16,9
	Mittel		6,5	8,8	12,2		6,3	9,2	15,7		6,8	11,2	20,8
	11	III	—	0,6	1,4	III	3,7	5,2	6,3	III	2,3	3,5	3,0
	12		1,7	4,3	4,3		2,6	5,1	3,3		1,4	4,2	5,3
	Mittel		(1,7)	2,5	2,9		3,2	5,2	4,8		1,9	3,9	4,2
	11	II	1,0	1,2	1,2	II	5,0	5,6	6,3	II	1,7	3,2	4,1
	12		2,5	4,7	6,9		4,5	6,3	6,9		1,7	3,3	3,0
	Mittel		1,8	3,0	4,1		4,8	6,0	6,6		1,7	3,3	3,6
	11	I	0,8	1,0	1,0	I	5,6	5,6	7,5	I	1,7	2,8	4,1
	12		1,2	2,7	4,2		2,9	6,3	7,5		0,6	1,7	3,4
	Mittel		1,0	1,9	2,6		4,3	6,0	7,5		1,2	2,3	3,8
	11	0	0,6	1,4	1,6	0	7,8	13,2	18,3	0	1,5	3,3	3,7
	12		1,3	3,0	4,5		4,1	10,6	19,4		0,9	2,5	3,4
	Mittel		1,0	2,2	3,1		6,0	11,9	18,9		1,2	2,9	3,6

(Fortsetzung).

Material		Kies D				Kies E				Steinschlag F			
		Gehalt der Probe an Steinen											
Ursprüngliche Siebfeinheit des gesammten Probematerials	Probe Nr.	von der Siebfeinheit	nach der Prüfung mit der Gesammtschlagarbeit in mkg			von der Siebfeinheit	nach der Prüfung mit der Gesammtschlagarbeit in mkg			von der Siebfeinheit	nach der Prüfung mit der Gesammtschlagarbeit in mkg		
			1585	3170	4755		1585	3170	4755		1585	3170	4755
V	9	V	88,7	66,8	63,0	V	75,7	64,9	44,0	V	55,4	39,6	38,7
	10		82,4	69,8	69,5		72,1	59,4	39,8		70,0	48,6	47,7
	Mittel		**85,6**	**68,3**	**66,3**		**73,9**	**62,2**	**41,9**		**62,7**	**44,1**	**43,2**
	9	IV	5,4	20,6	16,2	IV	13,6	15,2	24,1	IV	27,2	31,1	14,9
	10		8,2	12,3	11,5		19,3	21,0	31,0		15,4	17,5	9,1
	Mittel		**6,8**	**16,5**	**13,9**		**16,5**	**18,1**	**27,6**		**21,3**	**24,3**	**12,0**
	9	III	2,2	2,4	3,5	III	3,3	3,9	7,2	III	3,3	4,2	5,8
	10		3,9	3,3	3,3		1,5	5,7	6,8		2,3	5,7	3,6
	Mittel		**3,1**	**2,9**	**3,4**		**2,4**	**4,8**	**7,0**		**2,8**	**5,0**	**4,7**
	9	II	1,2	3,2	5,2	II	2,5	5,5	7,6	II	2,4	3,3	5,6
	10		2,1	4,3	3,3		2,2	2,5	4,6		2,7	4,0	4,9
	Mittel		**1,7**	**3,8**	**4,3**		**2,4**	**4,0**	**6,1**		**2,6**	**3,7**	**5,3**
	9	I	1,0	3,4	4,6	I	2,1	4,2	7,4	I	3,8	4,5	6,9
	10		1,3	4,4	5,1		1,7	4,0	5,4		3,4	7,0	7,0
	Mittel		**1,2**	**3,9**	**4,9**		**1,9**	**4,1**	**6,4**		**3,6**	**5,8**	**7,0**
	9	0	1,5	3,5	7,3	0	2,8	6,3	9,7	0	8,0	16,2	26,7
	10		2,1	5,9	7,2		3,2	7,4	12,4		6,1	16,9	26,8
	Mittel		**1,8**	**4,7**	**7,3**		**3,0**	**6,9**	**11,1**		**7,1**	**16,6**	**26,8**
VI	11	VI	70,6	66,3	60,0	VI	84,2	78,8	67,0	VI	66,9	64,6	55,8
	12		60,0	47,5	41,8		83,1	68,6	47,2		65,8	54,3	34,8
	Mittel		**65,3**	**56,9**	**50,9**		**83,7**	**73,7**	**57,1**		**66,4**	**59,5**	**45,3**
	11	V	12,5	10,1	7,2	V	4,2	6,1	15,4	V	24,3	22,9	26,5
	12		14,7	21,2	17,1		3,1	5,0	15,8		14,8	22,6	37,0
	Mittel		**13,6**	**15,7**	**12,2**		**3,7**	**5,6**	**15,6**		**19,6**	**22,8**	**31,8**
	11	IV	7,4	8,8	10,1	IV	4,9	5,3	4,2	IV	2,2	1,0	3,6
	12		11,6	8,6	14,3		5,5	5,2	9,2		4,3	4,3	4,9
	Mittel		**9,5**	**8,7**	**12,2**		**5,2**	**5,3**	**6,7**		**3,3**	**2,7**	**4,3**
	11	III	2,7	3,1	4,5	III	2,1	3,7	4,6	III	0,8	1,4	1,0
	12		3,8	5,9	5,1		2,7	5,3	6,0		3,1	1,6	1,2
	Mittel		**3,3**	**4,5**	**4,8**		**2,4**	**4,5**	**5,3**		**2,0**	**1,5**	**1,1**
	11	II	2,5	2,9	4,5	II	1,4	1,9	2,6	II	1,2	2,0	2,6
	12		4,7	5,6	5,6		2,0	4,2	5,8		3,5	2,9	3,9
	Mittel		**3,6**	**4,3**	**5,1**		**1,7**	**3,1**	**4,2**		**2,4**	**2,5**	**3,3**
	11	I	1,8	3,4	4,5	I	1,1	1,6	2,3	I	1,4	2,4	2,8
	12		2,6	5,6	6,9		1,5	5,2	6,1		3,1	4,5	6,0
	Mittel		**2,2**	**4,5**	**5,7**		**1,3**	**3,4**	**4,2**		**2,3**	**3,5**	**4,4**
	11	0	2,5	5,2	9,0	0	2,1	2,6	3,9	0	3,2	5,6	7,4
	12		2,6	5,6	9,2		2,1	6,3	9,3		5,4	8,6	10,9
	Mittel		**2,6**	**5,4**	**9,1**		**2,1**	**4,5**	**6,6**		**4,3**	**7,1**	**9,2**

Tabelle 8. Verhältniß der Widerstandsfähigkeit der verschiedenen Steinsorten gegen wechselnden Schwellendruck,

ausgedrückt durch den verbleibenden Prozentgehalt an Steinen der ursprünglichen Korngröße.

Ursprüngliche Siebfeinheit (Korngröße) des Probematerials	Bezeichnung des Materials	Mittlerer Prozentgehalt an Steinen der ursprünglichen Korngröße nach den folgenden Schlagarbeiten in mkg (Schwellendruck)			Verhältniß für die vorstehenden Prozentgehalte, die Werthe für den Kies A gleich 100 gesetzt.			
		1585	3170	4755	1585	3170	4755	Mittel
I	A	92,3	86,8	83,3		100		100
	B	86,7	78,6	74,5	94	90	89	91
	C	87,1	81,3	75,1	95	94	90	93
	D	93,0	88,3	84,5	101	101	101	101
	E	91,1	84,1	81,4	99	97	98	98
	F	—	—	—	—	—	—	—
II	A	80,9	73,4	61,8		100		100
	B	81,9	72,5	64,3	101	99	104	101
	C	79,4	69,6	62,7	98	95	101	98
	D	85,8	79,2	73,3	106	108	118	111
	E	82,1	73,2	63,5	101	100	103	101
	F	—	—	—	—	—	—	—
III	A	63,3	51,3	48,2		100		100
	B	53,1	38,8	30,8	84	76	64	75
	C	73,8	63,1	46,8	116	123	97	112
	D	86,8	74,5	67,1	137	145	139	140
	E	76,6	64,0	55,0	121	125	114	120
	F	—	—	—	—	—	—	—
IV	A	53,8	45,9	40,4		100		100
	B	44,0	31,4	24,4	82	68	60	70
	C	74,7	60,7	51,3	139	132	127	133
	D	79,2	65,2	59,6	147	142	147	145
	E	75,6	65,6	57,2	140	143	141	141
	F	49,5	44,9	38,8	92	98	96	95
V	A	57,2	49,5	41,4		100		100
	B	38,0	30,5	21,7	66	62	52	60
	C	77,2	61,4	43,4	135	124	105	121
	D	85,6	68,3	66,3	150	138	160	149
	E	73,9	62,2	41,9	129	126	101	119
	F	62,7	44,1	43,2	110	89	104	101
VI	A	57,5	43,8	30,7		100		100
	B	53,0	39,1	28,5	92	89	93	91
	C	73,1	55,3	27,8	127	126	91	115
	D	65,3	56,9	50,9	113	129	166	136
	E	83,7	73,7	57,1	145	168	186	166
	F	66,4	59,5	45,3	115	136	147	133

Tabelle 9. Verhältniß der Widerstandsfähigkeit der verschiedenen Steinsorten gegen wechselnden Schwellendruck,

ausgedrückt durch die Zunahme des Prozentgehaltes an Steinen von der Korngröße unter 6 mm.

Ursprüngliche Siebfeinheit (Korngröße) des Probematerials	Bezeichnung des Materials	Mittlerer Prozentgehalt an Steinen von der Korngröße unter 6 mm nach den folgenden Schlagarbeiten in mkg (Schwellendruck)			Verhältniß für die vorstehenden Prozentgehalte, die Werthe für den Kies A gleich 100 gesetzt.			
		1585	3170	4755	1585	3170	4755	Mittel
I	A	7,3	12,4	15,1		100		100
	B	13,2	20,6	23,7	181	166	157	168
	C	13,0	18,7	24,6	178	151	163	164
	D	7,1	11,2	14,9	97	90	99	95
	E	9,0	15,9	18,4	123	128	122	124
	F	—	—	—	—	—	—	—
II	A	5,3	10,1	14,3		100		100
	B	8,3	13,7	20,2	157	135	141	144
	C	8,9	16,8	21,8	168	166	152	162
	D	5,5	10,5	14,7	104	104	103	104
	E	6,1	11,7	16,2	115	116	113	115
	F	—	—	—	—	—	—	—
III	A	6,6	11,3	15,8		100		100
	B	16,3	25,9	33,3	247	229	210	229
	C	7,3	12,8	17,6	111	113	111	112
	D	3,3	8,5	11,8	50	75	75	67
	E	6,1	12,1	19,1	92	107	121	107
	F	—	—	—	—	—	—	—
IV	A	6,8	11,6	17,0		100		100
	B	17,5	25,2	32,5	258	217	191	222
	C	4,4	9,9	15,5	65	85	91	80
	D	4,8	11,7	17,6	71	101	103	92
	E	3,1	9,8	15,4	46	84	91	74
	F	17,9	33,3	38,1	264	287	224	258
V	A	3,1	5,7	7,7		100		100
	B	10,8	19,1	27,4	348	335	356	346
	C	2,6	6,1	9,8	84	107	127	106
	D	1,8	4,7	7,3	58	82	95	78
	E	3,0	6,9	11,1	97	121	144	121
	F	7,1	16,6	26,8	229	292	348	290
VI	A	1,0	2,2	3,1		100		100
	B	6,0	11,9	18,9	600	541	610	584
	C	1,2	2,9	3,6	120	132	116	123
	D	2,6	5,4	9,1	260	246	294	267
	E	2,1	4,5	6,6	210	204	213	209
	F	4,3	7,1	9,2	430	323	297	350

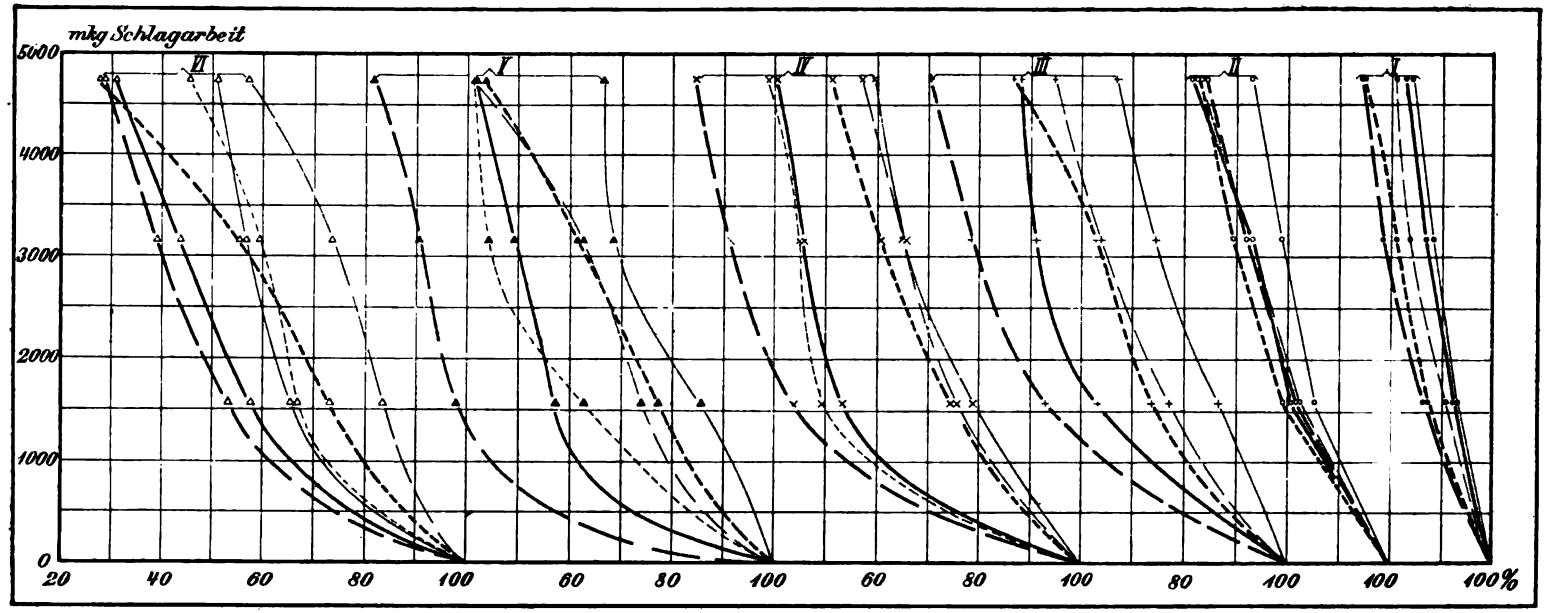


Fig. 11. Abnahme des Prozentgehaltes an Steinen der ursprünglichen Korngröße bei wiederholtem stoßweisen Zusammenpressen.
Kiessorte: A = ———, B = — —, C = — — — —, D = ———, E = — —, Steinschlag F = — — — —.

Tabelle 10. Einordnung der untersuchten Materialien nach wachsendem Widerstande gegen wiederholtes stoßweises Zusammenpressen.

Korngrößen	Einordnung nach wachsenden Verhältnißzahlen Tab. 8						Einordnung nach abnehmenden Verhältnißzahlen aus Tab. 9					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
I	B	C	E	A	D	—	B	C	E	A	D	—
II	C	A	B	E	D	—	C	B	E	D	A	—
III	B	A	C	E	D	—	B	C	E	A	D	—
IV	B	F	A	C	E	D	F	B	A	D	C	E
V	B	A	F	E	C	D	B	F	E	C	A	D
VI	B	A	C	F	D	E	B	F	D	E	C	A

Tabelle 11. **Mittelwerthe für die Verhältnißzahlen aus Tabelle 8.**

Korngröße	Bezeichnung des Materials						
	B	A	F	C	E	D
I	91	100	—	93	98	101
II	101	100	—	98	101	111
III	75	100	—	112	120	140
IV	70	100	95	133	141	145
V	60	100	101	121	119	149
VI	91	100	133	115	166	136
Mittel	81	100	[110]	112	124	130

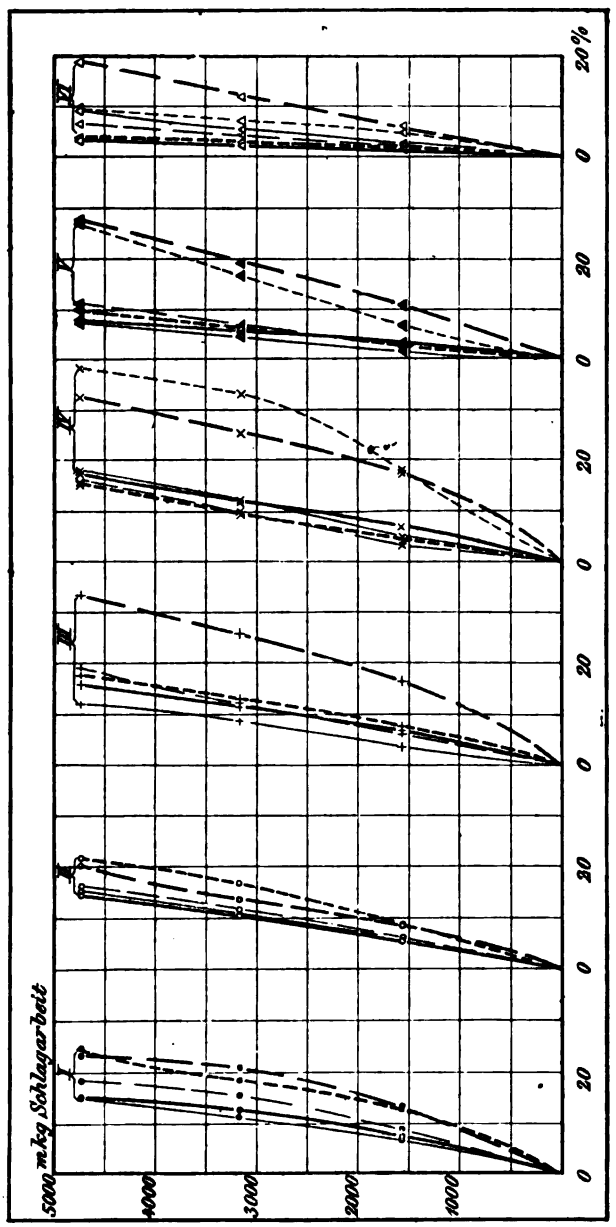


Fig. 12. Zunahme des Prozentgehaltes an Steinen von der Korngröße Null (< 6 mm) bei wiederholtem fallweisen Zusammenpressen.

Kiessorte: A = ———, B = — — —, C = — — — —, D = ———, E = — — —, Steinschlag F = — — — —.

Tabelle 12. Ergebnisse der Prüfung von 2 Sorten Kies auf Widerstandsfähigkeit gegen Druck.

Material bei 350 mm Auffüllhöhe allseitig umschlossen.

Material	Benennung	Harz-Kies					Werra-Kies				
	Zustand	trocken		> 24 Std. in Wasser gelegen		naß gefroren	trocken		> 24 Std. in Wasser gelegen		naß gefroren
Ursprüngliche Siebfeinheit (Korngröße) des Probematerials		Gehalt der Proben an Steinen					Gehalt der Proben an Steinen				
	von der Siebfeinheit	nach der Prüfung mit dem Druck in t					nach der Prüfung mit dem Druck in t				
		20	40	20	40	20	20	40	20	40	20
I	I	59,1	27,8	75,7	52,3	83,0	68,5	47,0	65,5	50,8	74,0
	0	37,4	64,4	24,1	47,4	17,1	31,5	53,0	33,9	48,6	26,2
II	II	48,8	31,3	51,7	32,3	66,6	55,0	35,8	55,4	33,1	64,5
	I	30,2	31,3	29,2	31,2	22,0	24,9	26,8	25,8	27,4	20,2
	0	19,8	35,0	19,1	36,1	11,3	19,9	37,0	18,8	39,7	15,4
III	III	43,5	17,6	37,7	22,0	52,0	27,8	14,9	27,8	16,6	33,4
	II	26,4	28,6	24,0	19,9	26,4	28,6	20,7	30,9	22,2	28,2
	I	16,0	23,5	20,8	23,4	11,7	20,1	21,4	20,6	22,0	23,3
	0	13,5	29,4	17,3	34,2	10,1	23,6	42,2	20,4	38,6	15,2
IV	IV	36,6	8,8	47,7	20,4	42,4	25,9	12,0	23,5	11,8	37,0
	III	27,4	21,9	11,2	14,9	20,0	17,1	12,5	16,0	12,4	16,4
	II	13,7	19,3	14,6	15,1	14,4	18,5	16,7	20,4	15,4	17,3
	I	12,1	22,7	13,5	19,7	13,0	18,1	21,1	18,5	20,7	14,5
	0	10,4	26,6	13,0	29,8	10,3	20,1	37,2	21,7	39,4	15,1
V	V	22,6	7,5	26,0	6,7	45,7	13,7	9,2	20,0	15,5	34,5
	IV	22,2	15,4	22,5	24,0	23,9	21,8	7,9	15,9	9,2	20,9
	III	16,2	11,8	9,7	9,0	4,1	11,7	5,7	11,4	10,0	79,8
	II	15,0	18,2	13,3	11,2	8,8	14,4	16,9	16,1	12,6	10,4
	I	12,0	18,2	14,1	18,0	7,9	16,0	20,7	15,7	16,3	10,4
	0	12,2	27,6	14,4	31,1	9,6	22,3	39,4	20,6	36,3	16,1
VI	VI	—	—	18,8	7,5	31,3	23,6	13,9	28,4	13,2	20,2
	V	28,2	9,3	15,9	5,0	22,1	20,0	3,9	1,3	—	21,2
	IV	23,6	13,1	13,2	11,9	11,0	11,0	10,6	7,7	6,0	15,5
	III	10,5	16,9	7,7	10,4	6,8	4,7	4,9	11,0	5,1	7,8
	II	12,7	15,6	12,5	14,4	7,9	11,0	11,2	13,2	14,3	10,0
	I	10,7	16,7	12,7	14,4	9,6	10,2	16,5	15,7	18,5	9,5
	0	13,6	26,9	18,8	35,3	11,2	19,4	38,5	22,6	43,0	15,7

Durch Auftragung der ursprünglichen Korngrößen des Probematerials als Abscissen und der Verhältnißzahlen für den Gehalt an Material der beiden in Betracht zu ziehenden Korngrößen nach stattgehabter Belastung (s. Tab. 14 und 15) als Ordinaten sind die Schaulinien Fig. 13 erhalten. Sie zeigen an der größeren mittleren Entfernung der ausgezogenen Linien von der 100%-Linie den punktirten gegenüber, daß

11. der Einfluß verschiedener Auffüllhöhen auf die Zertrümmerung des Materials mehr in der Abnahme des Gehaltes an Steinen der ursprünglichen Korngröße hervortrat, als an dem endlichen Gehalt der gedrückten Probe an Material geringster Korngröße.

Ferner ergiebt sich aus dem Ansteigen der ausgezogenen Linien nach rechts, daß

12. der Einfluß verschiedener Auffüllhöhe auf den Grad der Zertrümmerung bei den größeren Steinen mehr hervortrat als bei den kleineren. —

Die bei 100 mm Auffüllhöhe erzielten Einzelwerthe und die Mittel aus den Parallelversuchen sind in Tab. 13 enthalten. In den Tab. 16 und 17 sind nun wieder die Mittelwerthe für den verbliebenen Gehalt an Steinen der ursprünglichen Korngröße und für den endlichen Gehalt an Steinen der Korngröße unter 6 mm nochmals gegenübergestellt und aus ihnen zum Vergleich der verschiedenen Steinsorten unter einander Verhältnißzahlen gebildet,

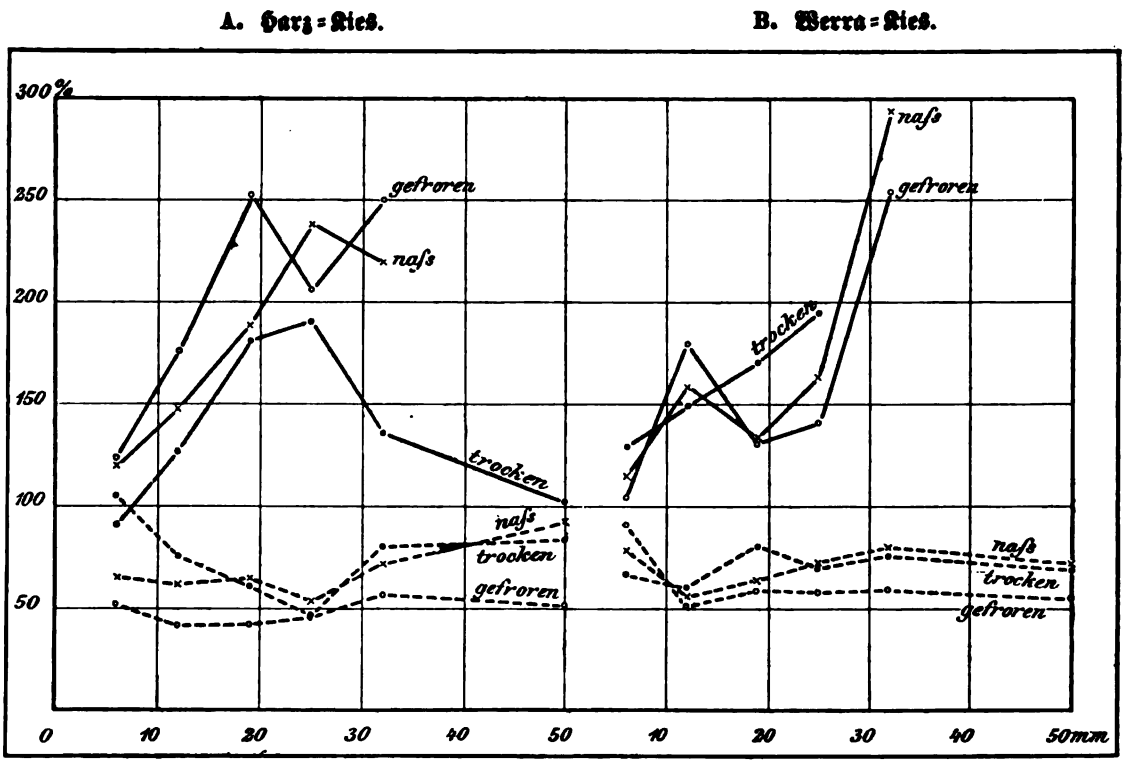


Fig. 13. Einfluß der Auffüllhöhe bei den Druckversuchen auf die Zertrümmerung der Steine verschiedener Korngröße.

——— Rückstand an Steinen der ursprünglichen Korngröße. — — — — Gehalt an Steinen der Korngröße unter 6 mm.

indem die für die Sorte A erhaltenen Mittel gleich 100 gesetzt wurden. Hierbei sind in Tab. 16 die Ergebnisse für die Korngröße VI zunächst vom Vergleich ausgeschlossen, weil die Steine dieser Korngröße bei fast allen Versuchen zertrümmert waren.

Der Einfluß der vier verschiedenen Zustände auf die Widerstandsfähigkeit desselben Materials und gleicher Korngröße gegen Zertrümmern durch Druck zeigt sich beim Vergleich der Werthe für den „mittleren Prozentgehalt" in den einzelnen wagerechten Reihen der Tab. 16 und 17. Wie man leicht erkennt, ergeben sich beim Einordnen nach abnehmendem oder wachsendem Widerstande für die vier Zustände bei den verschiedenen Korngrößen sehr wechselnde Reihenfolgen. Hiernach tritt also der Einfluß des Materialzustandes auf die Druckfestigkeit in den einzelnen Reihen nicht scharf hervor; trotzdem dürfte

Tabelle 13. Ergebnisse der Prüfung von 5 Sorten Kies A—E

Material bei 100 mm Auffüll-

Material	Benennung	Kies A							
	Zustand	trocken		naß		naß gefroren		naß gefroren und wieder aufgethaut	
		Gehalt der Proben nach 20 t Belastung an Steinen							
Ursprüngliche Korngröße	Korngröße	Einzelwerthe	Mittel	Einzelwerthe	Mittel	Einzelwerthe	Mittel	Einzelwerthe	Mittel
I	I	63,2 66,0	64,6	64,3 62,0	63,2	66,0 68,3	67,2	60,6 63,5	62,1
	0	36,8 34,1	35,5	35,8 38,0	36,9	34,1 31,7	32,9	39,4 36,5	38,0
II	II	35,2 41,4	38,3	33,0 36,9	35,0	37,6 38,0	37,8	32,6 32,8	32,7
	I	37,6 33,5	35,6	36,8 31,8	34,3	34,4 36,4	35,4	35,3 34,8	35,1
	0	27,3 25,1	26,2	30,2 31,2	30,7	28,0 25,6	26,8	32,1 32,4	32,3
III	III	19,1 28,8	24,0	25,7 14,1	19,9	21,7 19,5	20,6	19,0 22,0	20,5
	II	33,5 28,8	30,2	26,7 33,2	30,0	29,2 29,7	29,5	35,1 30,9	33,0
	I	24,2 21,4	22,8	21,8 25,6	23,7	26,9 26,4	26,7	22,8 24,6	23,7
	0	23,2 20,9	22,1	25,8 27,2	26,5	22,2 24,4	23,3	23,2 22,5	22,9
IV	IV	14,3 24,3	19,3	17,8 22,1	20,0	18,5 22,7	20,6	19,8 14,5	17,2
	III	20,7 15,8	18,3	14,5 13,5	14,0	19,0 14,7	16,9	9,4 22,6	16,0
	II	19,7 19,8	19,8	21,2 20,2	20,7	20,5 20,2	20,4	24,0 18,3	21,2
	I	20,7 20,8	20,8	21,8 20,2	21,0	20,0 19,6	19,8	20,8 19,4	20,1
	0	24,6 19,3	22,0	24,6 24,0	24,3	22,0 22,7	22,4	26,0 25,2	25,6
V	V	18,6 14,5	16,6	6,1 17,5	11,8	36,6 0,0	18,3	5,8 13,5	9,7
	IV	32,5 22,4	27,5	22,4 23,2	22,8	7,3 27,8	17,6	23,8 19,9	21,9
	III	7,6 14,5	11,1	19,4 10,7	15,1	11,6 10,7	11,2	9,5 17,6	13,6
	II	14,5 18,2	16,4	14,5 14,7	14,6	15,2 24,3	19,8	19,6 18,1	18,9
	I	11,6 15,0	13,3	17,6 14,1	15,9	13,4 19,3	16,4	18,0 14,0	16,0
	0	15,1 15,5	15,3	20,0 19,8	19,9	15,8 17,9	16,9	23,3 17,0	20,2
VI	VI	0,0 0,0	0,0	0,0 0,0	0,0	0,0 0,0	0,0	0,0 19,4	9,7
	V	0,0 12,6	6,3	0,0 0,0	0,0	28,5 16,2	22,4	15,2 12,4	13,8
	IV	39,9 28,7	34,3	39,1 28,2	33,7	6,1 16,2	11,1	15,9 21,2	18,6
	III	7,6 12,6	10,1	13,2 9,4	11,3	10,9 12,3	11,6	11,6 18,3	15,0
	II	19,0 21,0	20,0	15,0 21,5	18,3	13,9 18,5	16,2	13,4 8,8	11,1
	I	14,5 12,0	13,3	14,4 18,8	16,6	16,4 17,7	17,1	16,5 10,0	13,2
	0	19,0 13,2	16,1	18,4 22,2	20,3	24,2 19,2	21,7	27,4 10,0	18,7

und 1 Sorte Steinschlag F auf Widerstandsfähigkeit gegen Druck.

höhe allseitig umschlossen.

Material	Benennung	Kies B							
	Zustand	trocken		naß		naß gefroren		naß gefroren und wieder aufgethaut	
		Gehalt der Proben nach 20 t Belastung an Steinen							
Ursprüngliche Korngröße	Korngröße	Einzelwerthe	Mittel	Einzelwerthe	Mittel	Einzelwerthe	Mittel	Einzelwerthe	Mittel
I	I	56,5 50,0	53,3	57,0 56,9	57,0	64,1 78,4	71,3	49,7 51,5	50,6
	0	43,5 50,0	46,8	43,0 43,1	43,1	35,9 21,6	28,8	50,3 48,5	49,4
II	II	35,5 38,0	36,8	36,6 33,5	35,1	37,2 35,3	36,3	34,9 35,8	35,4
	I	30,5 29,9	30,2	30,6 32,4	31,5	32,7 34,1	33,4	30,2 30,0	30,1
	0	34,0 32,0	33,0	32,8 34,1	33,5	30,2 30,6	30,4	34,9 34,2	34,6
III	III	16,7 16,1	16,4	20,5 21,1	20,8	30,9 20,1	25,5	25,2 20,9	23,1
	II	27,8 27,8	27,8	21,2 21,1	21,2	21,1 22,6	21,9	22,3 21,9	22,1
	I	27,2 25,6	26,4	27,0 25,6	26,3	25,0 28,6	26,8	22,8 24,5	23,7
	0	28,0 30,6	29,3	31,8 32,2	32,0	23,0 28,6	25,8	29,7 32,6	31,2
IV	IV	21,7 4,8	13,3	14,5 14,2	14,4	22,0 30,4	26,2	19,2 10,2	14,7
	III	13,1 24,3	18,7	12,7 13,6	13,2	9,1 12,4	10,8	13,2 16,3	14,8
	II	18,7 19,3	19,0	17,9 17,4	17,7	22,6 12,9	17,8	19,2 19,9	19,6
	I	19,7 20,4	20,1	25,4 24,5	25,0	20,4 18,0	19,2	19,2 22,3	20,8
	0	26,8 31,0	28,9	29,5 30,3	29,9	25,8 26,3	26,1	29,1 31,3	30,2
V	V	0,0 0,0	0,0	6,9 6,6	6,8	19,9 7,3	13,6	0,0 12,1	6,1
	IV	19,9 10,9	15,4	17,2 27,1	22,2	17,0 11,9	14,5	6,7 18,1	12,4
	III	9,6 19,2	14,4	14,4 16,3	15,4	9,9 11,3	10,6	12,4 10,8	11,6
	II	20,5 21,2	20,8	16,7 7,2	12,0	12,3 17,9	15,1	19,1 15,2	17,2
	I	18,7 21,2	20,0	20,1 16,3	18,2	16,4 21,2	18,8	24,2 16,7	20,5
	0	31,3 27,6	29,5	24,7 26,5	25,6	24,6 30,4	27,5	37,6 27,1	32,4
VI	VI	0,0 0,0	0,0	0,0 0,0	0,0	0,0 0,0	0,0	0,0 0,0	0,0
	V	7,1 0,0	3,6	0,0 4,9	2,5	0,0 12,9	6,5	0,0 0,0	0,0
	IV	17,5 20,4	19,0	14,0 8,6	11,3	9,1 17,9	13,5	16,4 33,4	24,9
	III	10,4 13,6	12,0	9,4 14,1	11,8	15,8 10,0	12,9	21,9 10,7	16,3
	II	18,8 16,3	17,5	19,9 20,2	20,1	26,0 13,6	19,8	13,7 10,1	11,9
	I	18,8 21,1	20,0	22,2 17,8	20,0	20,6 17,1	18,9	19,2 19,1	19,2
	0	27,3 28,6	28,0	34,5 28,2	31,4	28,5 28,6	28,5	28,6 26,8	27,7

Tabelle 13

Material	Benennung	Kies C							
	Zustand	trocken		naß		naß gefroren		naß gefroren und wieder aufgethaut	
		Gehalt der Proben nach 20 t Belastung an Steinen							
Ursprüngliche Korngröße	Korngröße	Einzelwerthe	Mittel	Einzelwerthe	Mittel	Einzelwerthe	Mittel	Einzelwerthe	Mittel
I	I	58,5 59,0	58,8	57,8 55,7	56,8	62,3 63,9	63,1	57,0 58,4	57,7
	0	41,5 41,0	41,3	42,2 44,3	43,3	37,7 36,1	36,9	43,0 41,6	42,3
II	II	39,5 42,4	41,0	33,7 35,6	34,7	39,5 40,9	40,2	36,8 38,0	37,4
	I	31,7 32,9	32,3	32,7 34,4	33,6	32,5 30,7	31,6	31,9 33,0	32,5
	0	28,8 24,7	26,8	33,7 30,0	31,9	28,0 28,4	28,2	31,3 29,0	30,2
III	III	18,2 22,7	20,5	21,0 18,8	19,9	16,5 22,8	19,7	20,9 24,2	22,6
	II	27,1 21,7	24,4	23,9 28,4	26,2	28,8 27,5	28,2	27,4 30,0	28,7
	I	26,0 26,5	26,3	26,7 23,3	25,0	27,7 24,0	25,9	23,8 22,1	23,0
	0	28,7 29,1	28,9	28,4 29,5	29,0	27,0 25,7	26,4	27,9 23,7	25,8
IV	IV	10,6 10,6	10,6	6,5 12,8	9,7	16,6 23,2	19,9	18,5 18,0	18,3
	III	23,2 18,0	20,6	21,6 19,5	20,6	22,3 16,0	19,2	15,2 18,5	16,9
	II	21,2 21,7	21,5	21,6 22,2	21,9	19,4 19,6	19,5	20,2 16,8	18,5
	I	24,3 22,7	23,5	23,8 22,2	23,0	18,9 21,6	20,3	21,4 21,4	21,4
	0	20,7 27,0	23,9	26,5 23,3	24,9	22,8 19,6	21,2	24,7 25,3	25,0
V	V	7,1 13,4	10,3	15,2 7,7	11,5	10,5 23,2	16,9	8,3 22,7	15,5
	IV	16,2 16,0	16,1	27,2 28,9	28,1	18,7 16,8	17,8	18,8 9,0	13,9
	III	13,1 24,2	18,7	5,2 14,4	9,8	18,7 12,1	15,4	13,0 13,2	13,1
	II	23,7 18,0	20,9	16,8 17,8	17,3	17,0 14,7	15,9	19,3 14,4	16,9
	I	19,7 9,3	14,5	16,2 16,8	16,5	17,0 15,8	16,4	19,8 19,1	19,5
	0	20,2 19,1	19,7	19,4 14,4	16,9	18,1 17,4	17,8	20,8 21,6	21,2
VI	VI	0,0 0,0	0,0	0,0 0,0	0,0	0,0 0,0	0,0	0,0 0,0	0,0
	V	14,2 18,5	16,4	28,0 14,6	21,3	5,9 12,0	8,0	11,0 31,2	21,1
	IV	30,5 15,5	23,0	12,9 16,7	14,8	22,6 18,5	20,6	17,7 15,9	16,8
	III	11,2 10,0	10,6	12,9 11,9	12,4	15,5 12,0	13,8	16,6 10,6	13,6
	II	11,7 15,5	13,6	17,4 11,9	14,7	20,9 18,0	19,5	16,6 12,2	14,4
	I	14,7 14,0	14,4	14,9 16,2	15,6	16,1 16,8	16,5	19,3 12,2	15,8
	0	17,8 26,6	22,2	13,9 28,7	21,3	19,0 22,8	20,9	18,8 18,0	18,4

(Fortsetzung).

Material	Benennung	Kies D							
	Zustand	trocken		naß		naß gefroren		naß gefroren und wieder aufgethaut	
		Gehalt der Proben nach 20 t Belastung an Steinen							
Ursprüngliche Korngröße	Korngröße	Einzelwerthe	Mittel	Einzelwerthe	Mittel	Einzelwerthe	Mittel	Einzelwerthe	Mittel
I	I	59,2 59,2	59,2	59,3 56,9	58,1	67,6 68,4	68,0	63,3 63,0	63,2
	0	40,8 40,8	40,8	40,7 43,1	41,9	32,4 31,6	32,0	36,7 37,0	36,9
II	II	41,4 38,5	40,0	40,1 33,7	36,9	48,5 54,7	51,6	46,4 43,3	44,9
	I	27,3 31,3	29,3	31,0 35,3	33,2	26,0 26,2	26,1	30,7 30,0	30,4
	0	31,3 30,2	30,8	28,9 31,0	30,0	25,5 19,1	22,3	22,9 26,7	24,8
III	III	26,1 20,7	23,4	23,4 17,5	20,5	31,9 30,4	31,2	32,7 31,9	32,3
	II	25,0 26,8	25,9	28,7 32,8	30,8	26,2 28,4	27,3	25,9 23,6	24,8
	I	22,2 25,2	23,7	25,0 23,5	24,3	20,5 22,8	21,7	21,2 23,6	22,4
	0	26,7 27,3	27,0	22,9 26,2	24,6	21,4 18,5	20,0	20,2 20,9	20,6
IV	IV	14,7 20,0	17,4	18,2 23,6	20,9	36,6 23,2	29,9	28,0 35,6	31,8
	III	20,1 17,8	19,0	16,5 15,9	16,2	7,1 22,7	14,9	20,7 14,4	17,6
	II	20,6 20,0	20,3	19,2 19,5	19,4	23,0 19,1	21,1	17,6 11,5	14,6
	I	20,1 17,8	19,0	22,5 20,5	21,5	17,5 17,5	17,5	16,6 17,2	16,9
	0	24,5 24,5	24,5	23,6 20,5	22,1	15,8 17,5	16,7	17,1 21,3	19,2
V	V	25,3 10,2	17,8	6,2 16,5	11,4	19,0 10,3	14,7	16,1 20,2	18,2
	IV	17,0 28,4	22,7	25,6 19,4	22,5	19,0 13,9	16,5	25,5 16,4	21,0
	III	11,5 9,7	10,6	7,2 13,6	10,4	13,4 13,9	13,7	8,3 10,9	9,6
	II	16,5 11,9	14,2	22,6 18,5	20,6	13,4 19,4	16,4	16,7 18,6	17,7
	I	13,2 15,9	14,6	17,9 16,0	17,0	13,4 18,2	15,8	14,1 14,2	14,2
	0	16,5 23,9	20,2	20,5 16,0	18,3	21,8 24,3	23,1	19,3 19,7	19,5
VI	VI	0,0 0,0	0,0	16,4 0,0	8,2	0,0 15,4	7,7	14,8 0,0	7,4
	V	38,6 13,4	26,0	15,2 9,0	12,1	15,0 13,0	14,0	15,9 17,1	16,5
	IV	15,5 34,1	24,8	13,4 25,5	19,5	18,0 11,7	14,9	10,2 25,1	17,7
	III	5,8 11,2	8,5	11,7 10,4	11,1	12,9 11,7	12,3	11,9 14,1	13,0
	II	15,5 14,0	14,8	11,7 17,4	14,6	17,0 10,5	13,8	11,4 14,6	13,0
	I	10,6 10,0	10,3	12,3 17,0	14,7	16,0 16,7	16,4	14,8 10,0	12,4
	0	14,0 17,3	15,7	19,3 20,7	20,0	21,1 21,0	21,1	21,0 19,1	20,1

Tabelle 13

Material	Benennung	Kies E							
	Zustand	trocken		naß		naß gefroren		naß gefroren und wieder aufgethaut	
Ursprüngliche Korngröße		Gehalt der Proben nach 20 t Belastung an Steinen							
	Korngröße	Einzelwerthe	Mittel	Einzelwerthe	Mittel	Einzelwerthe	Mittel	Einzelwerthe	Mittel
I	I	58,6 55,7	57,2	60,4 56,4	58,4	58,8 62,5	60,7	61,0 68,8	64,9
	0	41,4 44,3	42,9	39,6 43,6	41,6	41,2 37,5	39,4	39,0 31,2	35,1
II	II	42,4 36,9	39,7	36,3 37,2	36,8	38,9 48,2	43,6	39,8 35,5	37,7
	I	30,2 34,1	32,2	35,4 35,6	35,5	36,1 29,2	32,7	33,5 38,0	35,8
	0	27,4 29,0	28,2	28,3 27,2	27,8	25,0 22,6	23,8	26,7 26,5	26,6
III	III	25,0 28,1	26,6	28,8 27,0	27,9	28,0 20,4	24,2	23,7 31,8	27,8
	II	23,9 24,9	24,4	27,9 27,0	27,5	27,0 28,5	27,8	24,3 15,9	20,1
	I	24,5 24,3	24,4	23,1 24,3	23,7	24,9 28,5	26,7	27,7 28,2	28,0
	0	26,6 22,7	24,7	20,2 21,7	21,0	20,2 22,6	21,4	24,3 24,1	24,2
IV	IV	10,5 26,5	18,5	15,4 21,3	18,4	29,9 19,2	24,6	24,6 37,7	31,2
	III	23,7 15,8	19,8	12,5 11,7	12,1	17,0 15,4	16,2	14,3 7,3	10,8
	II	18,4 18,0	18,2	25,0 19,7	22,4	14,1 22,8	18,5	20,7 17,4	19,0
	I	22,1 15,9	19,0	22,7 22,3	22,5	19,2 22,8	21,0	20,0 19,6	19,8
	0	25,3 23,8	24,6	24,4 25,0	24,7	19,8 19,8	19,8	20,6 18,1	19,4
V	V	0,0 8,9	4,5	12,7 9,4	11,1	8,7 18,0	13,4	27,7 8,3	18,0
	IV	23,6 25,5	24,6	16,0 22,9	19,5	29,1 18,0	23,6	17,4 23,4	20,4
	III	16,5 10,6	13,6	15,5 12,9	14,2	13,4 19,8	16,6	8,7 19,5	14,1
	II	18,2 18,9	18,6	17,1 15,9	16,5	16,9 14,5	15,7	13,9 17,1	15,5
	I	18,2 16,0	17,1	16,6 11,8	14,2	14,5 14,5	14,5	14,9 14,6	14,8
	0	23,6 20,1	21,9	22,1 27,1	24,6	17,5 15,1	16,5	17,4 17,1	17,3
VI	VI	0,0 0,0	0,0	0,0 0,0	0,0	0,0 0,0	0,0	0,0 0,0	0,0
	V	34,2 15,3	24,8	4,0 25,0	14,5	29,4 13,9	21,7	35,4 13,8	24,6
	IV	26,9 12,7	19,8	19,4 17,7	18,6	7,9 26,6	17,3	16,2 10,6	13,4
	III	5,2 10,9	8,1	15,4 16,5	16,0	10,7 15,0	12,9	7,0 14,8	10,9
	II	10,9 19,4	15,2	19,4 9,1	14,3	13,1 11,0	12,1	11,8 17,0	14,4
	I	11,4 18,8	15,1	21,9 14,6	18,3	17,1 13,9	15,5	11,8 18,9	15,4
	0	11,4 23,0	17,2	19,9 17,1	18,5	21,8 19,7	20,8	17,9 24,9	21,4

(Fortsetzung).

Material	Benennung	Steinschlag F							
	Zustand	trocken		naß		naß gefroren		naß gefroren und wieder aufgethaut	
		Gehalt der Proben nach 20 t Belastung an Steinen							
Ursprüngliche Korngröße	Korngröße	Einzelwerthe	Mittel	Einzelwerthe	Mittel	Einzelwerthe	Mittel	Einzelwerthe	Mittel
I	I	Material von der angegebenen Korngröße nicht vorhanden.							
	0								
II	II	36,9 36,2	36,6	31,8 29,5	30,7	34,2 32,3	33,3	31,8 29,6	30,7
	I	30,9 32,6	31,8	35,6 31,5	33,6	32,6 34,2	33,4	33,8 37,6	35,7
	0	32,2 31,2	31,7	32,5 39,0	35,8	33,2 33,6	33,4	34,4 32,8	33,6
III	III	17,0 25,3	21,2	17,0 17,4	17,2	17,7 35,3	26,5	16,8 12,1	14,5
	II	33,4 27,4	30,4	26,6 27,1	26,9	25,5 21,0	23,3	26,3 30,5	28,4
	I	20,2 21,3	20,8	25,9 25,7	25,8	22,0 19,8	20,9	26,3 28,4	27,4
	0	29,4 26,0	27,7	30,4 29,8	30,1	34,8 24,0	29,4	30,6 29,1	29,9
IV	IV	13,5 11,5	12,5	13,5 15,8	14,7	21,3 15,3	18,3	8,6 12,7	10,7
	III	16,6 16,8	16,7	14,3 14,3	14,3	6,6 14,5	10,6	14,3 14,2	14,3
	II	17,4 22,9	20,2	23,0 21,0	22,0	19,7 22,2	21,0	22,1 23,1	22,6
	I	23,0 20,6	21,8	22,2 20,3	21,3	19,7 19,8	19,8	24,3 20,9	22,6
	0	29,4 28,2	28,8	27,0 28,6	27,8	32,8 28,2	30,5	30,7 29,1	29,9
V	V	7,0 8,3	7,7	0,0 16,7	8,4	11,2 16,8	14,0	4,7 8,8	6,8
	IV	13,3 26,4	19,9	13,3 19,2	16,3	24,6 21,8	23,2	11,8 8,0	9,9
	III	23,4 20,6	22,0	12,4 10,0	11,2	9,0 13,6	11,3	15,8 15,3	15,6
	II	16,4 11,6	14,0	17,1 15,8	16,5	16,4 13,6	15,0	20,3 22,6	21,5
	I	15,6 13,2	14,4	21,0 16,7	18,9	17,9 11,4	14,7	19,7 19,0	19,4
	0	24,2 19,8	22,0	36,2 21,6	28,9	20,9 22,8	21,9	27,6 26,3	27,0
VI	VI	0,0 0,0	0,0	0,0 0,0	0,0	12,4 0,0	6,2	0,0 0,0	0,0
	V	26,0 18,3	22,2	4,6 11,8	8,2	20,4 5,6	13,0	25,5 12,8	19,2
	IV	18,9 14,7	16,8	25,2 17,3	21,3	10,9 28,0	19,5	2,7 2,8	2,8
	III	7,1 9,2	8,2	7,6 11,0	9,3	5,8 11,9	8,9	10,7 9,2	10,0
	II	11,8 15,6	13,7	19,9 17,3	18,6	13,9 15,1	14,5	18,1 22,0	20,1
	I	11,8 16,5	14,2	17,6 15,8	16,7	13,9 15,4	14,7	19,5 19,3	19,4
	0	24,4 25,6	25,0	25,2 26,8	26,0	22,6 23,1	22,9	23,5 34,0	28,8

Tabelle 14. **Verhältniß zwischen den Prozentgehalten an Steinen der ursprünglichen Korngröße nach 20 t Druckbelastung bei 350 und 100 mm Auffüllhöhe des gedrückten Materials.**

Material		Kies A				Kies B			
Ursprüngliche Korngröße des Probematerials	Mittlerer Prozentgehalt an Steinen der ursprünglichen Korngröße nach 20 t Belastung bei der Auffüllhöhe mm	den folgenden Zuständen							
		trocken	naß	naß gefroren	Mittleres Verhältniß	trocken	naß	naß gefroren	Mittleres Verhältniß
I	a = 350	59,1	75,7	83,0		68,5	65,5	74,0	
	b = 100	64,6	63,2	67,2		53,3	57,0	71,3	
	Verhältniß $\frac{a}{b} \cdot 100$	91	120	123	**111**	129	115	104	**116**
II	a = 350	48,8	51,7	66,6		55,0	55,4	64,5	
	b = 100	38,3	35,0	37,8		36,8	35,1	36,3	
	Verhältniß $\frac{a}{b} \cdot 100$	127	148	176	**150**	149	158	178	**162**
III	a = 350	43,5	37,7	52,0		27,8	27,8	33,4	
	b = 100	24,0	19,9	20,6		16,4	20,8	25,5	
	Verhältniß $\frac{a}{b} \cdot 100$	181	189	252	**207**	170	134	131	**145**
IV	a = 350	36,6	47,7	42,4		25,9	23,5	37,0	
	b = 100	19,3	20,0	20,6		13,3	14,4	26,2	
	Verhältniß $\frac{a}{b} \cdot 100$	190	238	206	**211**	195	163	141	**166**
V	a = 350	22,6	26,0	45,7		13,7	20,0	34,5	
	b = 100	16,6	11,8	18,3		0,0	6,8	13,6	
	Verhältniß $\frac{a}{b} \cdot 100$	136	220	250	**202**	∞	294	254	**(274)**
VI	a = 350	0,0	18,8	31,3		23,6	28,4	20,2	
	b = 100	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	
	Verhältniß $\frac{a}{b} \cdot 100$	100	∞	∞	—	∞	∞	∞	—

aber die durchschnittliche Druckfestigkeit durch die Mittelwerthe für alle Korngrößen hinreichend gekennzeichnet sein. Ordnet man nun die vier Zustände an Hand der Mittelwerthe, Tab. 16 und 17, nach wachsendem Widerstande gegen Druck ein, so erhält man die in Tab. 18 gegebenen Reihenfolgen, wobei zur Erhöhung der Uebersichtlichkeit für die vier Zustände „trocken", „naß", „naßgefroren" und „gefroren und aufgethaut" der Reihe nach die Zeichen a—d eingeführt sind.

In beiden Reihen, d. h. bei der Einordnung sowohl nach Tab. 16 als auch nach Tab. 17 steht c mit drei Ausnahmen an letzter Stelle, während die Stellung der übrigen Zeichen bei den verschiedenen Materialien wechselt. Hieraus folgt, daß

13. die untersuchten Steinsorten meistens im „naß gefrorenen" Zustande die größte Widerstandsfähigkeit gegen Druck zeigten.

Tabelle 15. **Verhältniß zwischen den Prozentgehalten an Steinen unter 6 mm Korngröße nach 20 t Druckbelastung bei 350 und 100 mm Auffüllhöhe des gedrückten Materials.**

Material		Kies A				Kies B			
Ursprüngliche Korngröße des Probematerials	Mittlerer Prozentgehalt an Steinen unter 6 mm Korngröße nach 20 t Belastung bei								
	der Auffüllhöhe mm	den folgenden Zuständen							
		trocken	naß	naß gefroren	Mittleres Verhältniß	trocken	naß	naß gefroren	Mittleres Verhältniß
I	a = 350	37,4	24,1	17,1		31,5	33,9	26,2	
	b = 100	35,5	36,9	32,9		46,8	43,1	28,8	
	Verhältniß $\frac{a}{b} \cdot 100$	105	65	52	74	67	79	91	79
II	a = 350	19,8	19,1	11,3		19,9	18,8	15,4	
	b = 100	26,2	30,7	26,8		33,0	33,5	30,4	
	Verhältniß $\frac{a}{b} \cdot 100$	76	62	42	60	60	56	51	56
III	a = 350	13,5	17,3	10,1		23,6	20,4	15,2	
	b = 100	22,1	26,5	23,3		29,3	32,0	25,8	
	Verhältniß $\frac{a}{b} \cdot 100$	61	65	43	56	81	64	59	68
IV	a = 350	10,4	13,0	10,3		20,1	21,7	15,1	
	b = 100	22,0	24,3	22,4		28,9	29,9	26,1	
	Verhältniß $\frac{a}{b} \cdot 100$	47	54	46	49	70	72	58	67
V	a = 350	12,2	14,4	9,6		22,3	20,6	16,1	
	b = 100	15,3	19,9	16,9		29,5	25,6	27,5	
	Verhältniß $\frac{a}{b} \cdot 100$	80	72	57	70	76	80	59	72
VI	a = 350	13,6	18,8	11,2		19,4	22,6	15,7	
	b = 100	16,1	20,3	21,7		28,0	31,4	28,5	
	Verhältniß $\frac{a}{b} \cdot 100$	84	93	52	76	69	72	55	65

Addirt man nun weiter die Einordnungsnummern 1—4 der Spalten, in denen dieselben Zustandszeichen a—d bei den verschiedenen Materialien vorkommen, so erhält man

		a	b	c	d
für den Zustand					
nach Tab. 16	die Werthe	12	11	23	14
nach Tab. 17		16	10	22	12
und im Mittel:		14	11	23	13

und demnach bei Einordnung der Zustände nach wachsenden Werthen die Reihenfolge b, d, a, c. Hieraus läßt sich mit großer Wahrscheinlichkeit in Ergänzung des Satzes 13 folgern, daß

14. die geringste mittlere Druckfestigkeit mit dem Material im nassen Zustande erzielt wurde, und daß nach dem Wiederaufthauen nahezu die gleiche Festigkeit erzielt wurde wie mit dem trockenen Material.

Tabelle 16. Verhältniß der Widerstandsfähigkeit der verschiedenen Steinsorten gegen Druck,

ausgedrückt durch den verbleibenden Prozentgehalt an Steinen der ursprünglichen Korngröße.

Bezeichnung des Materials	Ursprüngliche Siebfeinheit (Korngröße) des Materials	Mittlerer Prozentgehalt an Steinen der ursprünglichen Korngröße nach 20 t Belastung bei den folgenden Zuständen				Verhältniß für die vorstehenden Prozentgehalte, die Werthe für den Kies A gleich 100 gesetzt			
		trocken	naß	naß gefroren	gefroren u. aufgethaut	trocken	naß	naß gefroren	gefroren u. aufgethaut
A	I	64,6	63,2	67,2	62,1				
	II	38,3	35,0	37,8	32,7				
	III	24,0	19,9	20,6	20,5				
	IV	19,3	20,0	20,6	17,2				
	V	16,6	11,8	18,3	9,7				
	Mittel	32,6	30,0	32,9	28,4	100			
B	I	53,3	57,0	71,3	50,6	83	90	106	81
	II	36,8	35,1	36,3	35,4	96	100	96	108
	III	16,4	20,8	25,5	23,1	68	104	124	112
	IV	13,3	14,4	26,2	14,7	69	72	127	85
	V	0,0	6,8	13,6	6,1	0	58	74	63
	Mittel	24,0	26,8	34,6	26,0	63	85	105	90
C	I	58,8	56,8	63,1	57,7	91	90	94	93
	II	41,0	34,7	40,2	37,4	107	99	106	114
	III	20,5	19,9	19,7	22,6	85	100	96	110
	IV	10,6	9,7	19,9	18,3	55	49	97	106
	V	10,3	11,5	16,9	15,5	62	97	92	160
	Mittel	28,2	26,5	32,0	30,3	80	87	97	117
D	I	59,2	58,1	68,0	63,2	92	92	101	102
	II	40,0	36,9	51,6	44,9	104	105	137	137
	III	23,4	20,5	31,2	32,3	98	103	151	158
	IV	17,4	20,9	29,9	31,8	90	105	145	185
	V	17,8	11,4	14,7	18,2	107	97	80	188
	Mittel	31,6	29,6	39,1	38,1	98	100	128	154
E	I	57,2	58,4	60,7	64,9	89	92	90	104
	II	39,7	36,8	43,6	37,7	104	105	115	115
	III	26,6	27,9	24,2	27,8	111	140	117	136
	IV	18,5	18,4	24,6	31,2	96	92	119	181
	V	4,5	11,1	13,4	18,0	27	94	73	186
	Mittel	29,3	30,5	33,3	35,9	85	105	108	144
F	I	—	—	—	—	—	—	—	—
	II	36,6	30,7	33,3	30,7	96	88	88	94
	III	21,2	17,2	26,5	14,5	88	86	129	71
	IV	12,5	14,7	18,3	10,7	65	74	89	62
	V	7,7	8,4	14,0	6,8	46	71	76	70
	Mittel	19,5	17,8	23,0	15,7	74	80	95	74

Tabelle 17. Verhältniß der Widerstandsfähigkeit der verschiedenen Steinsorten gegen Druck,

ausgedrückt durch die Zunahme des Prozentgehaltes an Steinen von der Korngröße unter 6 mm.

Bezeichnung des Materials	Ursprüngliche Siebfeinheit (Korngröße) des Materials	Mittlerer Prozentgehalt an Steinen von der Korngröße unter 6 mm nach 20 t Belastung bei den folgenden Zuständen				Verhältniß für die vorstehenden Prozentgehalte, die Werthe für den Kies A gleich 100 gesetzt			
		trocken	naß	naß gefroren	gefroren u. aufgethaut	trocken	naß	naß gefroren	gefroren u. aufgethaut
A	I	35,5	36,9	32,9	38,0				
	II	26,2	30,7	26,8	32,3				
	III	22,1	26,5	23,3	22,9				
	IV	22,0	24,3	22,4	25,6				
	V	15,3	19,9	16,9	20,2				
	VI	16,1	20,3	21,7	18,7				
	Mittel	**22,9**	**26,4**	**24,0**	**26,3**	**100**			
B	I	46,8	43,1	28,8	49,4	132	117	88	130
	II	33,0	33,5	30,4	34,6	126	109	113	107
	III	29,3	32,0	25,8	31,2	133	121	111	136
	IV	28,9	29,9	26,1	30,2	131	123	117	118
	V	29,5	25,6	27,5	32,4	193	129	163	160
	VI	28,0	31,4	28,5	27,7	174	155	131	148
	Mittel	**32,6**	**32,6**	**27,9**	**34,3**	**148**	**126**	**121**	**133**
C	I	41,3	43,3	36,9	42,3	117	117	112	111
	II	26,8	31,9	28,2	30,2	102	104	105	94
	III	28,9	29,0	26,4	25,8	131	109	113	113
	IV	23,9	24,9	21,2	25,0	109	102	95	98
	V	19,7	16,9	17,8	21,2	129	85	105	105
	VI	22,2	21,3	20,9	18,4	138	105	96	98
	Mittel	**27,1**	**27,9**	**25,2**	**27,2**	**121**	**104**	**104**	**103**
D	I	40,8	41,9	32,0	36,9	115	114	97	97
	II	30,8	30,0	22,3	24,8	118	98	83	77
	III	27,0	24,6	20,0	20,6	122	93	86	90
	IV	24,5	22,1	16,7	19,2	111	91	75	75
	V	20,2	18,3	23,1	19,5	132	92	137	97
	VI	15,7	20,0	21,1	20,1	98	99	97	108
	Mittel	**26,5**	**26,2**	**22,5**	**25,2**	**116**	**98**	**96**	**91**
E	I	42,9	41,6	39,4	35,1	121	113	120	92
	II	28,2	27,8	23,8	26,6	108	91	89	82
	III	24,7	21,0	21,4	24,2	112	79	92	106
	IV	24,6	24,7	19,8	19,4	112	102	88	76
	V	21,9	24,6	16,3	17,3	143	124	97	86
	VI	17,2	18,5	20,8	21,4	107	91	96	114
	Mittel	**26,6**	**26,4**	**23,6**	**26,0**	**117**	**100**	**97**	**93**
F	I	—	—	—	—	—	—	—	—
	II	31,7	35,8	33,4	33,6	121	117	125	104
	III	27,7	30,1	29,4	29,9	125	114	126	131
	IV	28,8	27,8	30,5	29,9	131	114	136	117
	V	22,0	28,9	21,9	27,0	144	145	130	134
	VI	25,0	26,0	22,9	28,8	155	128	106	154
	Mittel	**27,0**	**29,7**	**27,6**	**29,8**	**133**	**124**	**125**	**128**

Tabelle 18. **Einordnung der untersuchten Materialien nach wachsendem Widerstande gegen Druck bei den verschiedenen Zuständen.**

Bezeichnung der Zustände des Materials beim Versuch: a = trocken, b = durchnäßt, c = naß gefroren, d = gefroren und wieder aufgethaut.

Material	Einordnung nach dem verbliebenen Gehalt an Material der ursprünglichen Korngröße (Tab. 16)				Einordnung nach dem endlichen Gehalt an Material der Korngröße „Null" (Tab. 17)			
	1	2	3	4	1	2	3	4
A	d	b	a	c	b	d	c	a
B	a	d	b	c	d	b	a	c
C	b	a	d	c	b	d	a	c
D	b	a	d	c	a	b	d	c
E	a	b	c	d	a	b	d	c
F	d	b	a	c	d	b	c	a

Um dies Ergebniß verallgemeinern zu können, ist die Zahl der Einzelbeobachtungen zu klein, zumal die ermittelten Unterschiede nur gering sind.

Die Unterschiede in den Druckfestigkeiten der sechs verschiedenen Materialien bei den gleichen Zuständen ergeben sich aus den Verhältnißzahlen, Tab. 16 und 17 und zwar am besten aus den Mittelwerthen für alle Korngrößen. Ordnet man die Materialien nun wieder an Hand dieser Mittelwerthe nach wachsendem Widerstande ein, so erhält man die aus Tab. 19 ersichtlichen Reihenfolgen.

Tabelle 19. **Einordnung der untersuchten Steinsorten nach wachsender Widerstandsfähigkeit gegen Druckbelastung.**

Art der Inanspruchnahme		Eingeordnet nach dem Gehalt an Material der Korngröße „Null"						Eingeordnet nach dem Gehalt an Material der ursprünglichen Korngröße					
		I	II	III	IV	V	VI	I	II	III	IV	V	VI
stetig wachsender Druck	trocken	B	F	C	E	D	A	B	F	C	E	D	A
	naß	F	B	C	A	D	E	B	F	C	E	A	D
	naß gefroren	F	C	A	E	B	D	F	B	C	A	E	D
	aufgethaut	F	B	A	C	E	D	B	F	C	A	E	D
	Mittel	F	B	C	A	E	D	B	F	C	E	A	D

Wie man sieht, steht nur die Sorte C bei der Einordnung nach Tab. 17 bei allen vier Zuständen an dritter Stelle, im Uebrigen wechseln die Reihenfolgen. Dieser Wechsel tritt indessen im Allgemeinen und besonders bei der Einordnung nach Tab. 17 paarweise auf derart, daß z. B. in den vier Reihen B und F an erster und zweiter Stelle, ferner E und A an vierter und fünfter Stelle stehen. Auffallend ist nur die verhältnißmäßig große Widerstandsfähigkeit der Sorte B im naß gefrorenen Zustande; im Uebrigen wird man nicht fehl gehen, wenn man die durchschnittliche Widerstandsfähigkeit der einzelnen Sorten gegen Druck nach den sich ergebenden Mitteln aus den Verhältnißzahlen für alle vier Zustände beurtheilt.

Diese Mittel lauten:

für die Sorte	A	B	C	D	E	F
nach Tab. 16	100	86	95	119	109	81
nach Tab. 17	100	132	108	100	102	128

Hiernach eingeordnet ergiebt sich die Reihenfolge

nach Tab. 16 = F B C A E D

nach Tab. 17 = B F C E A D

und ferner zeigen die Werthe, daß die Unterschiede zwischen F und B einerseits sowie A und E andererseits nur gering sind, womit der oben erwähnte Wechsel in der Reihenfolge der beiden demselben Paar angehörigen Sorten hinlänglich erklärt ist.

In Tab. 20 sind nun die Einordnungen der sechs untersuchten Kiessorten nach den angewendeten drei Prüfungsverfahren, wie sie vorstehend im Einzelnen besprochen wurden, nochmals gegenüber gestellt.

Tabelle 20. **Einordnung der untersuchten Steinsorten nach wachsender Widerstandsfähigkeit.**

Art der Inanspruchnahme	Eingeordnet nach dem Gehalt an Material der ursprünglichen Korngröße						Eingeordnet nach dem Gehalt an Material der Korngröße unter 6 mm					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Schläge mittels Stopfhacke	B	A	[F]	D	C	E	B	[F]	D	C	A	E
Stoßweise Druckbelastung	B	A	[F]	C	E	D	B	[F]	C	E	A	D
Stetig wachsender Druck	[F]	B	C	A	E	D	B	[F]	C	E	A	D

Die Reihenfolgen für den Widerstand gegen stoßweise Druckbelastung und gegen stetig wachsenden Druck stimmen bei Einordnung nach dem Gehalt an Material der Korngröße unter 6 mm vollständig überein.

Beachtet man ferner, daß die Einordnung der Sorte F unsicher ist, weil von ihr nicht sämmtliche Korngrößen geprüft werden konnten, so besteht, abgesehen von der Stellung der Sorte A zur Sorte C, auch bei der Einordnung nach dem verbliebenen Gehalt an Material der ursprünglichen Korngröße die gleiche Uebereinstimmung.

Dies besagt, daß

15. beide Verfahren unter Anwendung von Druckbelastung zu gut übereinstimmender Beurtheilung der untersuchten Steinsorten führten.

Die für die Schlagversuche mit der Stopfhacke ermittelten Reihenfolgen weichen von jenen für Druckbelastung bei einzelnen Materialien ab und zwar ist die Stellung der beiden Sorten A und D zu den übrigen eine andere, so zwar, daß D geringere und A größere Widerstandsfähigkeit gegen unmittelbaren Schlag als gegen Druck gezeigt hat.

Bei der Verwendung von Kies und Steinschlag als Eisenbahnschotter dürfte aber deren Widerstandsfähigkeit gegen Druck durch die stetigen Schwingungen der Schwellen beim Befahren des Geleises von größerer Bedeutung für den Nutzwerth des Materials sein, als die Widerstandsfähigkeit gegen die lediglich beim Unterstopfen der Schwellen auftretenden Schläge mit der Stopfhacke.

4. Normalpapiere.

Vom Vorsteher der Abtheilung für Papierprüfung, W. Herzberg.

Wie bereits früher in den Mittheilungen verschiedentlich erwähnt wurde, sind am Schluß des Jahres 1895 auch diejenigen Behörden, welche einen Papierbedarf von weniger als 300 Mk. jährlich haben, und welche bisher nach § 6 der „Vorschriften für die Lieferung und Prüfung von Papier zu amtlichen Zwecken" dem Prüfungszwange nicht unterworfen waren, angewiesen worden, bis auf Weiteres ihre Papiere ebenfalls untersuchen zu lassen.

Die Gründe, welche zu dieser Verfügung Anlaß gegeben haben, sind in den „Mittheilungen" 1896 Seite 132 angegeben.

Bereits im Jahre 1895 gingen nun von 10 solchen Behörden 10 Anträge mit insgesammt 19 Papieren zur Untersuchung ein. Von diesen 19 Papieren genügten 10 = 53% den durch das Wasserzeichen gewährleisteten Eigenschaften und 9 = 47% genügten nicht. Der Prozentsatz der nicht genügenden Papiere war also gegenüber dem bei Behörden mit größerem Papierbedarf (80% genügende, 20% nicht genügende Papiere) sehr hoch.

Es scheint allerdings, nach den Prüfungsergebnissen zu urtheilen, die im Jahre 1896 mit Papieren von Behörden mit geringem Papierbedarf gewonnen wurden, daß bei den 19 Papieren des Jahres 1895 durch Zufall eine besonders große Anzahl nicht genügender Papiere vorhanden war; wenigstens ist das Ergebniß der Prüfungen für das Jahr 1896, wie aus Nachstehendem hervorgeht, erheblich günstiger.

Im Jahre 1896 gelangten von den Behörden mit geringem Papierbedarf (von diesen ist in Nachfolgendem überhaupt nur die Rede) insgesammt 208 Papiere zur Prüfung, unter welchen sich 189 befanden, für welche Lieferungsbedingungen vorgeschrieben waren.

Von diesen 189 Papieren genügten 148 = 78% den Lieferungsbedingungen und 41 = 22% genügten nicht.

Diese 41 nicht genügenden Papiere vertheilen sich auf folgende Verwendungsklassen:

1	Papier	der	Verwendungsklasse	2a
9	"	"	"	3a
12	"	"	"	3b
8	"	"	"	4a
9	"	"	"	4b
1	"	"	"	7a
1	"	"	"	8a

Die Abweichungen dieser 41 Papiere von den durch das Wasserzeichen (oder bei den Papieren ohne Wasserzeichen vertragsmäßig) gewährleisteten Eigenschaften waren zum größten Theil geringfügiger Natur. Es handelte sich theils um eine zu geringe Reißlänge und zu kleine Dehnung, theils war der Cellulosegehalt der Papiere der Stoffklasse II etwas höher als zulässig (25%), theils war der zulässige Aschengehalt etwas überschritten.

Als schwerere Fälle könnte man vielleicht nur folgende bezeichnen.

Bei 2 Normalpapieren der Klasse 3a war der Widerstand gegen Zerknittern statt „groß" einmal „gering" und das zweite Mal sogar „sehr gering". Bei einem Normalpapier 3b war der Widerstand „gering" statt „ziemlich groß".

Von den 41 nicht genügenden Papieren waren 39 mit einem Wasserzeichen versehen, sie rühren von 15 verschiedenen Fabriken her, von welchen die Fabriknummer[1])

41, 39, 29, 50, 32, 7, 14, 38	mit je	1	Papier
27	„ „	2	„
23, 45	„ „	3	„
18	„ „	4	„
44, 4	„ „	5	„
1	„	8	„

vertreten ist.

Außer den oben erwähnten 189 Papieren, für welche bestimmte Lieferungsbedingungen vorgeschrieben waren, gelangten noch 19 Papiere zur Untersuchung, für welche keine Bedingungen vorgeschrieben waren und welche kein Wasserzeichen trugen. Unter diesen befanden sich 12 (7 Kanzleipapiere, 4 Konzeptpapiere und 1 Briefumschlagpapier), welche nicht einmal den Ansprüchen der niedrigsten Verwendungsklassen der Normalien für Kanzlei-, Konzept- und Briefumschlagpapiere entsprachen und daher für amtliche Zwecke als unbrauchbar bezeichnet werden mußten.

Die Eigenschaften dieser Papiere gehen aus nachstehender Zusammenstellung hervor.

Lfde. Nr.	Mittlere Reißlänge m	Mittlere Dehnung %	Widerstand gegen Zerknittern	Stoffzusammensetzung	Aschengehalt %	Leimfestigkeit
			I. Kanzleipapiere			
1	3575	2,1	mittelmäßig	Holzcellulose, Baumwolle, Leinen	12,0	leimfest
2	3775	2,1	„	Holzcellulose, Strohcellulose	13,0	„
3	3725	2,6	„	„ „	15,3	„
4	3925	2,7	„	„ „	15,4	„
5	3100	2,2	„	Holzcellulose, Strohcellulose, geringe Mengen Leinen und Baumwolle	22,0	„
6	3425	2,6	sehr gering	Baumwolle, Strohcellulose, Holzcellulose, geringe Mengen Leinen	9,0	„
7	2925	2,0	„	Holzcellulose, Zusatz Baumwolle, geringe Mengen Leinen	13,9	„
			II. Konzeptpapiere			
1	3400	2,8	ziemlich groß	Holzcellulose, Strohcellulose, geringe Mengen Baumwolle und Leinen	16,3	leimfest
2	2850	1,8	sehr gering	Holzcellulose	12,3	„
3	3075	2,0	„	Holzcellulose, Strohcellulose	14,8	„
4	2750	2,2	außerordentlich gering	Baumwolle, Holzcellulose, geringe Mengen Leinen und Strohcellulose	11,1	schwach leimfest
			III. Briefumschlagpapier			
1	2875	1,5	außerordentlich gering	Holzschliff, Holzcellulose	17,1	leimfest

[1]) Die hier angemeldeten Fabriken wurden für die statistischen Berichte in einer beliebigen Reihenfolge in eine Liste eingetragen und mit laufenden Nummern versehen.

Unter Hinzurechnung dieser 19 Papiere gelangten also insgesammt 208 Papiere zur Prüfung, von denen 155 = 74,5% genügten bezw. für Aktenzwecke verwendbar waren, während 53 = 25,5% nicht ausreichten.

Der Gesammtprocentsatz der nicht genügenden Papiere ist also um rund 5% höher als der im letzten Jahre bei den übrigen Behörden ermittelte.

Diese Erfahrung und besonders die geringe Güte der in vorstehender Tabelle aufgeführten Papiere läßt also erkennen, daß es nothwendig erscheint, auch weiterhin die Papiere der Behörden mit geringem Papierbedarf dauernd einer Kontrole zu unterwerfen; nur so wird es gelingen, auch für das Aktenmaterial dieser Behörden günstigere Verhältnisse zu schaffen.

Für die Redaktion verantwortlich: A. Martens. — Verlag von Julius Springer in Berlin.

Druck von E. Buchbinder in Neu-Ruppin.

Seit 1883 erscheinen

Mittheilungen aus den Königlichen technischen Versuchsanstalten zu Berlin.

Herausgegeben im Auftrage der Königlichen Aufsichts-Kommission.

Jährlich 6—8 Hefte. — Preis für den Jahrgang M. 12,—.

Inhalt.

Seite

1. Untersuchung über den Einfluß des Blauwerdens auf die Festigkeit von Kiefernholz. Vom stellvertretenden Direktor und Vorsteher der Abtheilung für Metallprüfung, Professor M. Rudeloff . . 1
2. Prüfung natürlicher Gesteine. Vom Vorsteher der Abtheilung für Baumaterialprüfung, Ingenieur M. Gary 46
3. Prüfung von künstlichem Asphalt. Von demselben 74
4. Kleine Mittheilungen:
   - A. Aus der Abtheilung für Baumaterialprüfung. Vom Abtheilungsvorsteher, Ingenieur M. Gary.
     1. Fehlerhafte Terrazzoplatten 80
     2. Mangelhafte Betonmischungen 81
     3. Verwendungsmöglichkeit von Scheideschlamm aus der Zuckerfabrikation 84
   - B. Aus der Abtheilung für Papierprüfung. Vom Abtheilungsvorsteher W. Herzberg.
     1. Durchlässige Stellen im Papier 85
     2. Imitirtes Leder aus japanischem Papier 86

Bekanntmachung 88

Sämmtliche Apparate
zur
Untersuchung von Mineralölen
empfehlen in bester Ausführung [293]
Sommer & Runge,
Berthold Pensky Nachfolger,
BERLIN SW., Wilhelmstrasse No. 122.

Verlag von Julius Springer in Berlin N.

Moderne Arbeitsmethoden im Maschinenbau.

Von
John T. Usher.
Autorisirte deutsche Bearbeitung
von
A. Elfes, Ingenieur.
Mit 266 Textfiguren. Preis in Leinwand gebunden M. 6,—.

Die Zusatzkräfte und Nebenspannungen eiserner Fachwerkbrücken.

Eine systematische Darstellung der verschiedenen Arten, ihrer Grösse und ihres Einflusses auf die konstruktive Gestaltung der Brücken.

Von
Fr. Engesser,
Baurath und Professor an der Technischen Hochschule in Karlsruhe.

I. Die Zusatzkräfte.
Mit 58 in den Text gedruckten Abbildungen.
Preis M. 3,—.

II. Die Nebenspannungen.
Mit 137 in den Text gedruckten Abbildungen.
Preis M. 7,—.

Widerstandsmomente, Trägheitsmomente und Gewichte von Blechträgern

nebst
numerisch geordneter Zusammenstellung der Widerstandsmomente
von 59 bis 25622.
Bearbeitet von
B. Böhm, Königl. Regierungsbaumeister in Bromberg. und **E. John,** Königl. Regierungsbaumeister in Köln a. Rh.
In Leinwand gebunden Preis M. 7,—.

Leitfaden zum Berechnen und Entwerfen
von
Lüftungs- und Heizungs-Anlagen.

Auf Anregung Seiner Excellenz des Herrn Ministers der öffentlichen Arbeiten
verfasst von
H. Rietschel,
Geh. Regierungsrath, Professor an der Kgl. Technischen Hochschule zu Berlin.
Zweite, durchgesehene Auflage.
Zwei Bände.
Mit zahlreichen Textfiguren, Tabellen und 22 lithographirten Tafeln.
In 2 Leinwandbände gebunden Preis M. 8,—.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

Hierzu Beilagen von **Carl Schleicher & Schüll** in Düren (Rheinland) — Verlagsbuchhandlung von **Julius Springer** in Berlin N.

THE NEW YORK PUBLIC LIBRARY
ASTOR, LENOX AND TILDEN FOUNDATIONS

Mittheilungen

aus den

Königlichen technischen Versuchsanstalten

zu

Berlin.

Herausgegeben

im Auftrage

der Königlichen Aufsichts-Kommission.

Fünfzehnter Jahrgang: 1897.

Zweites Heft.

Mit 2 Tafeln.

Berlin.
Verlag von Julius Springer
1897.

Seit 1883 erscheinen

Mittheilungen aus den Königlichen technischen Versuchsanstalten

zu Berlin.

Herausgegeben im Auftrage der Königlichen Aufsichts-Kommission.

Jährlich 6—8 Hefte. — Preis für den Jahrgang M. 12,—.

Inhalt.

Seite

1. Betrachtungen über Cementmörtel und Beton. Vom Direktor, Professor A. Martens 89
2. Einfluß des Prüfungsverfahrens auf das Ergebniß der Biegeproben bei niederen Wärmegraden. Vom stellvertretenden Direktor und Vorsteher der Abtheilung für Metallprüfung, Professor M. Rudeloff . 114
3. Alte Papiere. Vom Vorsteher der Abtheilung für Papierprüfung W. Herzberg 129
4. Kleine Mittheilungen. Aus der Abtheilung für Papierprüfung. Vom Abtheilungsvorsteher W. Herzberg.
   1. Stoffprüfung 134
   2. Festes Packpapier 135

THE NEW YORK PUBLIC LIBRARY
ASTOR, LENOX AND TILDEN FOUNDATIONS.

Mittheilungen

aus den

Königlichen technischen Versuchsanstalten

zu

Berlin.

Herausgegeben

im Auftrage

der Königlichen Aufsichts-Kommission.

Fünfzehnter Jahrgang: 1897.

Drittes und viertes Heft.

Berlin.
Verlag von Julius Springer
1897.

Unter Hinzurechnung dieser 19 Papiere gelangten also insgesammt 208 Papiere zur Prüfung, von denen 155 = 74,5% genügten bezw. für Aktenzwecke verwendbar waren, während 53 = 25,5% nicht ausreichten.

Der Gesammtprocentsatz der nicht genügenden Papiere ist also um rund 5% höher als der im letzten Jahre bei den übrigen Behörden ermittelte.

Diese Erfahrung und besonders die geringe Güte der in vorstehender Tabelle aufgeführten Papiere läßt also erkennen, daß es nothwendig erscheint, auch weiterhin die Papiere der Behörden mit geringem Papierbedarf dauernd einer Kontrole zu unterwerfen; nur so wird es gelingen, auch für das Aktenmaterial dieser Behörden günstigere Verhältnisse zu schaffen.

Für die Redaktion verantwortlich: A. Martens. — Verlag von Julius Springer in Berlin.

Druck von E. Buchbinder in Neu-Ruppin.

221829

Mittheilungen

aus den

Königlichen technischen Versuchsanstalten

zu

Berlin.

Herausgegeben

im Auftrage

der Königlichen Aufsichts-Kommission.

Fünfzehnter Jahrgang: 1897.

THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY
ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS.

Erstes Heft.

Berlin.
Verlag von Julius Springer
1897.

Seit 1883 erscheinen

Mittheilungen aus den Königlichen technischen Versuchsanstalten zu Berlin.

Herausgegeben im Auftrage der Königlichen Aufsichts-Kommission.

Jährlich 6—8 Hefte. — Preis für den Jahrgang M. 12,—.

Inhalt.

Seite

1. Untersuchung über den Einfluß des Blauwerdens auf die Festigkeit von Kiefernholz. Vom stellvertretenden Direktor und Vorsteher der Abtheilung für Metallprüfung, Professor M. Rudeloff . . 1
2. Prüfung natürlicher Gesteine. Vom Vorsteher der Abtheilung für Baumaterialprüfung, Ingenieur M. Gary 46
3. Prüfung von künstlichem Asphalt. Von demselben 74
4. Kleine Mittheilungen:
   - A. Aus der Abtheilung für Baumaterialprüfung. Vom Abtheilungsvorsteher, Ingenieur M. Gary.
     1. Fehlerhafte Terrazzoplatten 80
     2. Mangelhafte Betonmischungen 81
     3. Verwendungsmöglichkeit von Scheideschlamm aus der Zuckerfabrikation 84
   - B. Aus der Abtheilung für Papierprüfung. Vom Abtheilungsvorsteher W. Herzberg.
     1. Durchlässige Stellen im Papier 85
     2. Imitirtes Leder aus japanischem Papier 86

Bekanntmachung 88

Verlag von Julius Springer in Berlin N.

Elasticität und Festigkeit.

Die für die Technik wichtigsten Sätze und deren erfahrungsmässige Grundlage.

Von

C. Bach,

Professor des Maschinen-Ingenieurwesens an der K. Technischen Hochschule zu Stuttgart.

Zweite, vermehrte Auflage.

Mit in den Text gedruckten Abbildungen und 15 Tafeln in Lichtdruck.

Preis in Leinwand gebunden M. 16,—.

Versuche über die Widerstandsfähigkeit ebener Platten.

Von

C. Bach,

Professor des Maschinen-Ingenieurwesens an der K. Technischen Hochschule zu Stuttgart.

Mit in den Text gedruckten Abbildungen. Preis M. 2,60.

Versuche über die Widerstandsfähigkeit von Kesselwandungen.

Von

C. Bach,

Professor des Maschinen-Ingenieurwesens an der K. Technischen Hochschule zu Stuttgart.

I. Heft. Wasserkammerplatten von Wasserröhrenkesseln. Mit 77 in den Text gedruckten Abbildungen. Preis M. 2,40.

II. Heft. Die Berechnung flacher, durch Anker oder Stehbolzen unterstützter Kesselwandungen und die Ergebnisse der neuesten hierauf bezüglichen Versuche. — Die auf der kaiserlichen Werft in Danzig von 1887 bis 1892 ausgeführten Versuche über die Widerstandsfähigkeit von Flammrohren. Mit 56 in den Text gedruckten Abbildungen und 2 Tafeln. Preis M. 3,—.

Das Maschinen-Zeichnen.

Begründung und Veranschaulichung der sachlich nothwendigen zeichnerischen Darstellungen und ihres Zusammenhanges mit der praktischen Ausführung.

Von

A. Riedler,

Professor an der Königlichen technischen Hochschule zu Berlin.

Mit 256 in den Text gedruckten Figuren. Preis in Leinw. gebunden M. 6,—.

Die Hebezeuge.

Theorie und Kritik ausgeführter Konstruktionen.

Ein Handbuch

für Ingenieure und Architekten sowie zum Selbstunterricht für Studirende

von

Ad. Ernst,

Professor des Maschinen-Ingenieurwesens an der K. Technischen Hochschule zu Stuttgart.

Zweite, neubearbeitete Auflage.

Mit 645 Textfiguren und einem Atlas von 64 lithographirten Tafeln.

Preis gebunden mit Atlas: M. 50,—.

Praktische Erfahrungen im Maschinenbau

in Werkstatt und Betrieb.

Von

R. Grimshaw.

Autorisirte deutsche Uebersetzung

von

A. Elfes, Ingenieur.

Mit 220 Textfiguren. In Leinwand gebunden Preis M. 7,—.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

Seit 1883 erscheinen

Mittheilungen aus den Königlichen technischen Versuchsanstalten

zu Berlin.

Herausgegeben im Auftrage der Königlichen Aufsichts-Kommission.

Jährlich 6—8 Hefte. — Preis für den Jahrgang M. 12,—.

Inhalt.

Seite

1. Cementuntersuchungen aus dem Betriebsjahre 1896/97. Vom Vorsteher der Abtheilung für Baumaterialprüfung, Ingenieur M. Gary 209
2. Normalpapiere. Vom Vorsteher der Abtheilung für Papierprüfung W. Herzberg 234
3. Kleine Mittheilung aus der Abtheilung für Baumaterialprüfung. Vom Abtheilungsvorsteher, Ingenieur M. Gary.
   Prüfung alter Mörtel 246
4. Ueber den Einfluß der Versuchslänge auf die Festigkeit von Hanfseilen. Vom stellvertretenden Direktor und Vorsteher der Abtheilung für Metallprüfung, Professor M. Rudeloff 250

221829

4°

THE NEW YORK PUBLIC LIBRARY
ASTOR, LENOX AND TILDEN FOUNDATIONS.

Mittheilungen

aus den

Königlichen technischen Versuchsanstalten

zu

Berlin.

Herausgegeben

im Auftrage

der Königlichen Aufsichts-Kommission.

Fünfzehnter Jahrgang: 1897.

Sechstes Heft.

Berlin.
Verlag von Julius Springer
1897.

Seit 1883 erscheinen

Mittheilungen aus den Königlichen technischen Versuchsanstalten

zu Berlin.

Herausgegeben im Auftrage der Königlichen Aufsichts-Kommission.

Jährlich 6—8 Hefte. — Preis für den Jahrgang M. 12,—.

Inhalt.

Seite

1. Bericht über die Thätigkeit der Königlichen technischen Versuchsanstalten im Etatsjahre 1896/97 . . 265
2. Zusammensetzung von eisernen Blechen und Röhren, die sich beim Gebrauch nicht bewährt haben. Vom Direktor der Königl. chemisch-technischen Versuchsanstalt, Professor Dr. Finkener 277
3. Untersuchungen von Kies und Steinschlag zur Beurtheilung ihres Werthes als Stopfmaterial für den Eisenbahnoberbau. Vom stellvertretenden Direktor und Vorsteher der Abtheilung für Metallprüfung, Professor M. Rudeloff 279
4. Normalpapiere. Vom Vorsteher der Abtheilung für Papierprüfung W. Herzberg 322

Verlag von Julius Springer in Berlin N.

Elasticität und Festigkeit.

Die für die Technik wichtigsten Sätze und deren erfahrungsmässige Grundlage.

Von

C. Bach,

Professor des Maschinen-Ingenieurwesens an der K. Technischen Hochschule zu Stuttgart.

Zweite vermehrte Auflage.

Mit in den Text gedruckten Abbildungen und 15 Tafeln in Lichtdruck.

In Leinwand gebunden Preis M. 16,—.

Versuche über die Widerstandsfähigkeit ebener Platten.

Von

C. Bach,

Professor des Maschinen-Ingenieurwesens an der K. Technischen Hochschule zu Stuttgart.

Mit in den Text gedruckten Abbildungen. Preis M. 2,60.

Versuche über die Widerstandsfähigkeit von Kesselwandungen.

Von

C. Bach,

K. Württ. Baudirektor,

Professor des Maschinen-Ingenieurwesens an der K. Technischen Hochschule Stuttgart.

Heft 1. Wasserkammerplatten von Wasserröhrenkesseln. Mit 77 in den Text gedruckten Abbildungen. Preis M. 2,40.

Heft 2. Die Berechnung flacher, durch Anker oder Stehbolzen unterstützter Kesselwandungen und die Ergebnisse der neuesten hierauf bezüglichen Versuche. — Die auf der kaiserlichen Werft in Danzig von 1887 bis 1892 ausgeführten Versuche über die Widerstandsfähigkeit von Flammrohren. Mit 56 in den Text gedruckten Abbildungen und 2 Tafeln. Preis M. 3,—.

Demnächst erscheint:

Heft 3. Untersuchungen über die Formänderungen und die Anstrengung flacher Böden. Mit 67 Abbildungen im Text und auf 2 Tafeln.

Die Zusatzkräfte und Nebenspannungen eiserner Fachwerkbrücken.

Eine systematische Darstellung der verschiedenen Arten, ihrer Grösse und ihres Einflusses auf die konstruktive Gestaltung der Brücken.

Von

Fr. Engesser,

Baurath und Professor an der Technischen Hochschule in Karlsruhe.

I. Die Zusatzkräfte.
Mit 58 in den Text gedruckten Abbildungen.
Preis M. 3,—.

II. Die Nebenspannungen.
Mit 137 in den Text gedruckten Abbildungen.
Preis M. 7,—.

Widerstandsmomente, Trägheitsmomente und Gewichte von Blechträgern

nebst

numerisch geordneter Zusammenstellung der Widerstandsmomente von 59 bis 25622.

Bearbeitet von

B. Böhm, Königl. Regierungsbaumeister in Bromberg. und **E. John,** Königl. Regierungsbaumeister in Köln a. Rh.

In Leinwand gebunden Preis M. 7,—.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

Hierzu eine Beilage der Verlagsbuchhandlung von **Julius Springer** in Berlin N. betr. Dr. Rudolf Benedikt, Analyse der Fette und Wachsarten.

Verlag von Julius Springer in Berlin N.

Analyse der Fette und Wachsarten.

Von

Dr. Rudolf Benedikt,

weil. Professor an der k. k. Technischen Hochschule in Wien.

Dritte erweiterte Auflage

herausgegeben

von **Ferdinand Ulzer,**

Professor am k. k. Technologischen Gewerbe-Museum in Wien.

Mit dem Bildniss Benedikts in Photogravüre und 48 Textfiguren.

In Leinwand gebunden Preis M. 12,—.

Anleitung zur chemisch-technischen Analyse.

Für den Gebrauch an Unterrichts-Laboratorien

bearbeitet von

Prof. F. Ulzer und **Dr. A. Fraenkel**

Lehrer der Versuchsstation f. chem. Gewerbe, Adjunct am k. k. Technologischen Gewerbe-Museum in Wien.

Mit in den Text gedruckten Abbildungen.

In Leinwand gebunden Preis M. 5,—.

Die

Untersuchung der Schmiermittel

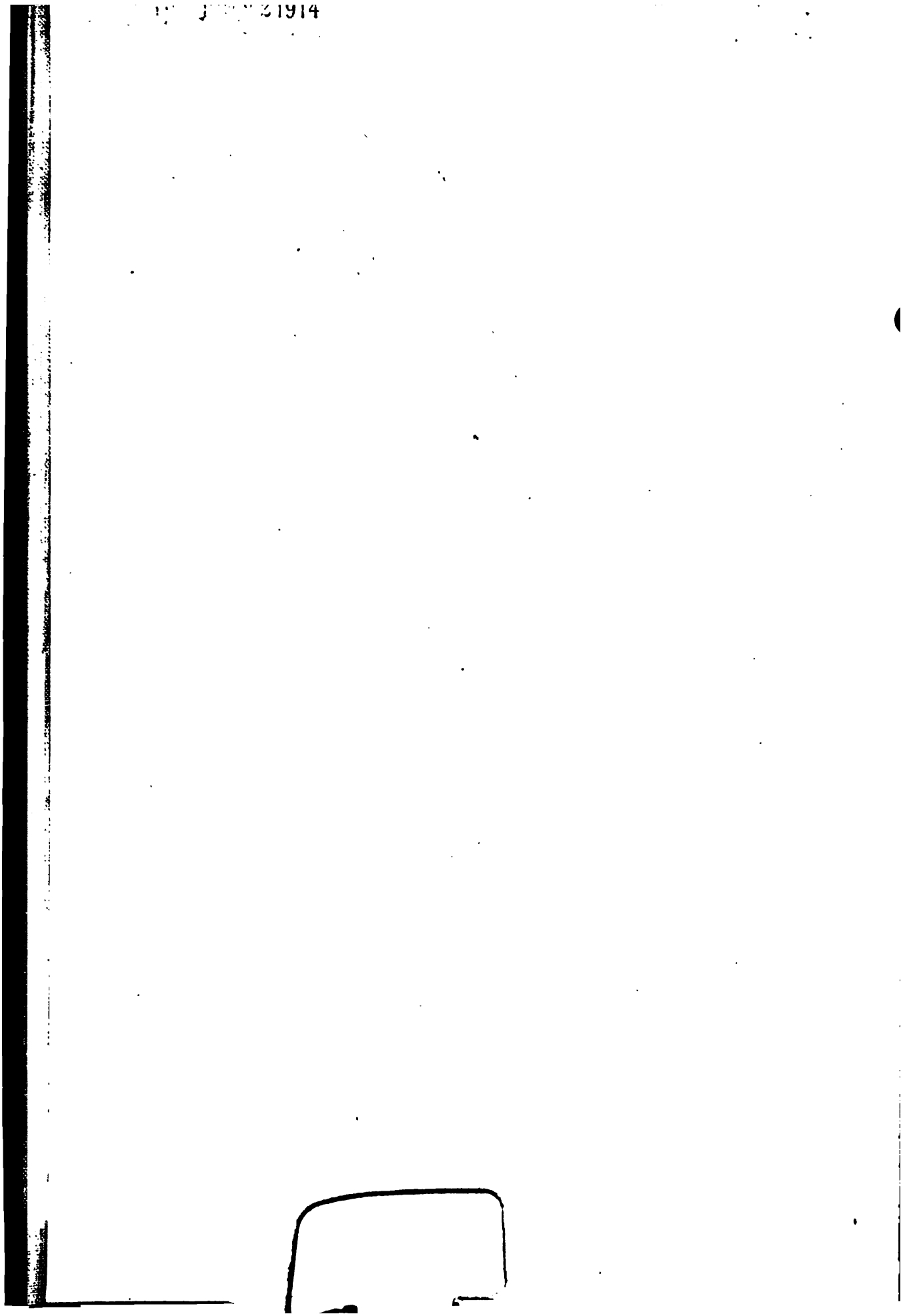
und verwandter Produkte der Fett- und Naphta-Industrie.

Von

Dr. D. Holde,

Vorsteher der Abtheilung für Oelprüfung an der Königlichen mechanisch-technischen Versuchsanstalt zu Charlottenburg.

Mit 59 Figuren.

In Leinwand gebunden Preis M. 7,—.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.